

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA**

Marina Bouzon

**REMANUFATURA DE BENS DE CONSUMO DURÁVEIS:
UM MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE
PROBLEMAS**

Florianópolis

2010

Marina Bouzon

**REMANUFATURA DE BENS DE CONSUMO DURÁVEIS: UM
MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE PROBLEMAS**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do grau
de Mestre em Engenharia Mecânica
Orientador: Prof. Abelardo Alves de
Queiroz, Ph.D

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

B782r Bouzon, Marina

Remanufatura de de bens de consumo duráveis : [dissertação]
: um método de diagnóstico e análise de problemas / Marina
Bouzon ; orientador, Aberlardo Alves de Queiroz. - Florianó-
polis, 2010. -

162 p.: il., tabs.; 21 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação
em Engenharia Mecânica.

Inclui bibliografia

1. Engenharia mecânica. 2. Manufatura enxuta. 3. Bens
de consumo duráveis - Defeitos - Processo decisório.
I. Queiroz, Abelardo Alves de. II. Universidade Federal de
Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica. III. Título.

CDU: 621

Marina Bouzon

REMANUFATURA DE BENS DE CONSUMO DURÁVEIS: UM MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DE PROBLEMAS

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, setembro de 2010.

Prof. Eduardo Alberto Fancello, D.Sc.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Acires Dias, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maurílio José dos Santos, Dr.
Universidade Federal de Pernambuco

*Dedico esse trabalho aos
meus pais, Tulio e Zenilda.*

AGRADECIMENTOS

Muitos são os agradecimentos que deveria tecer no que se refere à elaboração desta dissertação e é certo que não citarei todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para esse trabalho. Esse fato não reduz meu reconhecimento sobre a importância do apoio recebido.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais e familiares, por me ensinarem a vida e por me darem todo suporte necessário para chegar até aqui. Agradeço também ao Gustavo Nunes, por toda compreensão e apoio nos momentos difíceis. Da mesma forma, devo mencionar meu irmão, Gustavo Bouzon, pela ajuda na correção deste trabalho e pelas importantes sugestões.

Agradeço especialmente a meu orientador, prof. Abelardo, que esteve sempre presente e disposto a guiar o trabalho com seu amplo conhecimento. Outros professores também me deram suporte em parte dessa jornada, como os professores da Engenharia de Produção Carlos Manoel Taboada e Waldemar Pacheco Júnior, a quem agradeço o apoio fornecido.

Sou grata também pela oportunidade oferecida pela empresa onde realizei meu estudo de caso, e agradeço especialmente a disposição e auxílio dos colaboradores Suzi, Simone, Márcio, Mirian, Wudson, Angelita e Fabiana.

Gostaria ainda de agradecer a alguns amigos, como Cristina Cardoso, por sua amizade, ensinamentos e apoio no desenvolvimento desse trabalho. Agradeço também ao grupo de dança Nureen, pelos momentos de descontração, amizade e apoio, que certamente, contribuíram para que eu pudesse seguir em frente.

Agradeço ao CNPq e ao GETEQ por todo apoio fornecido e por fim, a todos que contribuíram de alguma forma nesse trabalho, ou ainda, contribuíram nas atividades acadêmicas anteriores que me guiaram a esse resultado. Muito obrigada!

“A mente científica mais faz perguntas certas do
que dá respostas certas.”

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

A conscientização dos consumidores quanto aos seus direitos e à qualidade dos produtos tem aumentado o volume de devolução de bens de consumo duráveis aos locais de venda, de onde, por sua vez, são encaminhados para as indústrias. O destino final desses bens é uma questão que vem tomando importância devido às preocupações ambientais e sociais da atualidade. Adicionalmente, a fase de início de vida útil dos produtos apresenta um pico de taxa de falhas conforme expresso pela “curva da banheira” e, além disso, é nesse primeiro contato do consumidor com o produto que esses problemas funcionais/estéticos podem ser detectados, assim como os problemas de adequação ao uso podem ser percebidos. Assim, muitos produtos retornam às fábricas por “mortalidade infantil” ou inadequação ao uso, o que cria um problema de decisão em relação ao melhor destino que pode ser dado a esses bens. Uma vez retornados à fábrica, existem alguns cenários possíveis para esses produtos: remanufatura, reciclagem ou descarte; entretanto a decisão sobre os cenários é complexa, pois envolve fatores econômicos, de gestão, ambientais e sociais. Partindo dessas considerações, esta dissertação apresenta um método de estudo e análise multicriterial para o processo decisório acerca dos produtos que retornam precocemente de campo, que contribui no fornecimento de recomendações para o tratamento desses bens. Esse método foi motivado por um caso real de uma indústria de bens de consumo duráveis que remanufatura seus produtos retornados por “mortalidade infantil”. A concepção do método foi baseada na associação do estudo de caso nessa empresa com a literatura sobre retorno de produtos, remanufatura e apoio à decisão. O método é estruturado em três fases: um diagnóstico da situação atual do retorno dos produtos, que fornece embasamento para a segunda fase de apoio à decisão quanto à melhor tratativa para os bens e, por fim, a fase de orientações da manufatura enxuta para a criação de um sistema de remanufatura enxuto que diminua os efeitos da incerteza e variabilidade inerentes ao ambiente de recuperação de produtos.

Palavras chave: retorno de produtos, apoio à decisão, remanufatura, manufatura enxuta.

ABSTRACT

Consumers' awareness of their own rights and product quality has led to an increase in the volume of durable consumer goods that are returned to their sale points, from where they are sent back to the industries. These products' final destination is an issue that is gaining importance in view of the current environmental and social concerns. In addition, their early life period shows a peak of the failure rate as expressed by the "bathtub curve". It is during the consumer's first contact with the product that functional/aesthetic or fitness-for-use problems are likely to be detected. Therefore, products are often returned to the industries due to "infant mortality" or unfitness for use, which creates a decision problem regarding the destination they will be given. Once back in the factory, three scenarios are possible: remanufacturing, recycling or disposal. The decision is complex because it involves economical, managerial, environmental and social issues. Based on these considerations, this thesis presents a method of study and multicriteria analysis designed to support the decision-making process regarding these early returning products, and provides recommendations for their treatment. The method was motivated by the real case of a durable consumer goods industry that remanufactures the products it receives back due to "infant mortality". It was designed with basis on the association of the case study with state-of-art literature on product return, remanufacturing and decision aiding. The method comprises three stages, starting with a current-state diagnosis of product return, which then supports the decision-aiding stage where the best treatment of the goods is advised. In the final stage, lean manufacturing guidelines are used to create a lean remanufacturing system that decreases the effects of inherent uncertainty and variability in the product recovery environment.

Keywords: product return, decision aiding, remanufacturing, lean manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo do método.	39
Figura 2: Lacunas da qualidade percebida.	42
Figura 3: Curva da banheira.	44
Figura 4: Panorama do pós-venda na curva da banheira.	46
Figura 5: Cenários para um <i>produto seminovo retornado</i> (PSR).	47
Figura 6: Construção de um conceito a partir de um EPA.	52
Figura 7: Exemplo de Mapa Cognitivo para a compra de um carro.	54
Figura 8: Arborescência de PVF.	57
Figura 9: Exemplo de níveis de impacto e níveis “bom” e “neutro” para PVF <i>manutenção mensal do veículo</i>	58
Figura 10: Exemplo de transformação de escala para o critério <i>manutenção do veículo</i>	59
Figura 11: Exemplo de árvore de decisão com as taxas de substituição.	60
Figura 12: Gráfico da avaliação global das ações potenciais.	61
Figura 13: Sistema de manufatura de recuperação no ambiente de recuperação de produtos.	63
Figura 14: Hierarquia dos processos de produção secundários.	65
Figura 15: Subsistemas da remanufatura.	66
Figura 16: Etapas da remanufatura.	67
Figura 17: Pórtico do STP.	76
Figura 18: Matriz Produto-Processo.	78
Figura 19: Ajuste do Processo às características de volume/variedade de produtos – MPP.	79
Figura 20: Manufatura e remanufatura na Matriz Produto-Processo. ...	81
Figura 21: Remanufatura enxuta na Matriz Produto-Processo.	82
Figura 22: Entradas e saídas do processo de assistência técnica.	90
Figura 23: Estrutura do pós-venda da <i>Empresa</i>	90
Figura 24: Fluxograma das etapas da Remanufatura Disjuntiva da <i>Empresa</i>	94
Figura 25: Parâmetros influenciadores e parâmetros influenciados para o Processo Decisório.	97
Figura 26: Estrutura do M.A.A.P.R.	105
Figura 27: Etapas e atividades do Diagnóstico.	107
Figura 28: Etapas e atividades do Apoio à Decisão.	115
Figura 29: Mapa cognitivo do problema.	118
Figura 30: Arborescência de candidatos a Pontos de Vista.	120
Figura 31: Arborescência de Pontos de Vista Fundamentais.	121
Figura 32: Descritor do PVF <i>Acesso às informações de defeito</i>	124

Figura 33: Descritor do PVE <i>Periculosidade</i>	127
Figura 34: Passo a passo para determinação das taxas de substituição.	129
Figura 35: Árvore de decisão multicriterial com taxas de substituição.	130
Figura 36: Exemplo de valoração de uma ação para um nó da árvore de decisão.....	131
Figura 37: Exemplo de gráfico dos valores globais das ações potenciais.	132
Figura 38: Tipos de contexto de remanufatura.....	137
Figura 39: Efeito esperado da aplicação do <i>Lean</i> nos diferentes tipos de variabilidade.....	138
Figura 40: Aplicação de <i>layout</i> celular para a remanufatura.....	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estratégias para identificar EPAs.	52
Quadro 2: Exemplo de ramos e linhas de argumentação de um mapa cognitivo.	56
Quadro 3: Características complicadoras de Guide (2000) na <i>Empresa</i>	100
Quadro 4: Panorama do estudo de caso.	103
Quadro 5: Etapa de caracterização do problema.	110
Quadro 6: Etapa de qualificação do retorno.	112
Quadro 7: Etapa de potencialidade do negócio.	114
Quadro 8: Planilha para consolidação dos dados do Diagnóstico.	114
Quadro 9: Construção de conceitos a partir dos EPAs.	117
Quadro 10: Ramos e linhas de argumentação do Mapa Cognitivo.	119
Quadro 11: Critério <i>Horizonte i</i>	124
Quadro 12: Critério <i>Acesso às informações de defeito</i>	125
Quadro 13: Subcritérios <i>Massa e Volume</i>	126
Quadro 14: Subcritério <i>Periculosidade</i>	127
Quadro 15: Resumo das etapas de aplicação do método.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de produtos retornados por natureza de devolução e porcentagem de retorno.	92
Tabela 2: Modelo de Fluxo de Caixa projetado para cinco anos.....	123

LISTA DE ACRÔNIMOS

EPA – Elementos Primários de Avaliação

FIFO – First In, First Out (primeiro a entrar, primeiro a sair)

JIT – Just-in-Time

MPP – Matriz Produto-Processo

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PSR – Produto(s) Seminovo(s) Retornado(s)

PVE – Ponto de Vista Elementar

PVF – Ponto de Vista Fundamental

STP – Sistema Toyota de Produção

WIP – Work In Process (Trabalho em processo, estoques em processo)

LISTA DE TERMOS ESTRANGEIROS

Andon – Sinalização luminosa para advertência

Buffer – Estoques amortecedores

Heijunka – Produção nivelada ou nivelamento da produção

Jidoka – Traduzido como “autonomação” ou automação com toque humano

Just-in-time – No momento exato

Lead time – Tempo de atravessamento

Mix – Composto, variações dos modelos de produtos ou gama de produtos ofertados

Poka Yoke – Métodos que ajudam operadores a evitar erros em seu trabalho

Set-up – Tempo de troca ou tempo de preparação de máquinas e processos para mudança de produtos

Stakeholders – Designa as partes interessadas no negócio, ou seja, qualquer indivíduo ou grupo/entidade que possa afetar a empresa por meio de suas opiniões ou ações, ou ser afetado por ela

LÉXICO DA DISSERTAÇÃO

Ciclo de vida do produto – nesta pesquisa são considerados dois âmbitos: na dimensão comercial, descreve a evolução de um produto no mercado em quatro fases (introdução, crescimento, maturidade e declínio); e no âmbito de um produto envolve seu ciclo completo, desde a pré-produção, produção, transporte, uso, descarte, reutilização e reciclagem (ciclo fechado de materiais).

Fase inicial de vida do produto – é o primeiro período de vida útil dos produtos que é caracterizado por uma alta taxa de falhas em declínio.

Mortalidade infantil – é o conceito de falha durante o período inicial de vida útil do produto.

Produto seminovo retornado (PSR) – designa o produto que retorna à fábrica ainda na fase de vida inicial - segundo conceito de Slack, Chambers e Johnston (2008) - que engloba os produtos de troca expressa como também outras modalidades de retorno desses bens em início de vida útil.

Reciclagem – é o processo de reutilização do material de um produto que seria ou foi descartado, reduzindo o produto ao estado de matéria-prima e insumos para outros processos, sendo, portanto, um tipo de revalorização.

Recondicionamento – é a recuperação de componentes ou peças, ou seja, é o processo no qual partes de produtos usados têm sua condição restaurada para uso. Geralmente é uma das etapas do processo de remanufatura.

Recuperação – termo genérico usado para recuperação de materiais, peças e produtos como um todo.

Reembalagem – é o reuso do produto “como está”, recuperando seu valor comercial por meio do processo de reembalagem.

Remanufatura – é a recuperação de um produto avariado às suas especificações originais através de um processamento industrial. É um tipo de revalorização e de reuso.

Remanufatura Tradicional – é a remanufatura que produz como saída produtos remanufaturados, conforme definição acima.

Remanufatura Disjuntiva – é a remanufatura que recupera peças/componentes para reuso na montagem de produtos novos.

Reuso – toda forma de reutilização do produto, ao invés de destruí-lo ou descartá-lo. Pode envolver alguma forma de processamento. Também é um tipo de revalorização.

Revalorização – ato de recuperar o valor de um produto.

Troca expressa – designa o processo de troca de produto em até sete dias após a compra ou entrega (no caso da entrega ser posterior à compra) conforme garante a lei do consumidor de 1990 no Brasil. Pode ser chamada somente de “troca”, e ocorre no primeiro período da fase inicial de vida útil do produto.

Vida útil de um produto – período pré-determinado pelo fabricante de durabilidade do produto em condições normais de uso, conservando as próprias capacidades (serventias, rendimento, etc) em um nível padrão aceito, ou melhor, preestabelecido.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	33
1.1	Contextualização, Questão de Pesquisa e Importância	33
1.2	Objetivos	37
1.2.1	Geral.....	37
1.2.2	Específicos	37
1.3	Delimitação da pesquisa.....	37
1.4	Questões a serem respondidas pela pesquisa.....	38
1.5	Definição da metodologia	38
1.6	Estrutura do trabalho	39
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	41
2.1	Falhas nos produtos	41
2.1.1	Falhas e problemas de qualidade	41
2.1.2	Falhas em função do tempo	43
2.1.3	Falhas no contexto de pós-venda	44
2.2	Taxonomia e caracterização dos cenários para o produto retornado	47
2.3	Metodologia para estruturar problemas e avaliar alternativas	49
2.3.1	Apoio à decisão.....	51
2.4	Remanufatura de bens de consumo duráveis.....	62
2.4.1	O histórico e o ambiente de recuperação de produtos	63
2.4.2	Definição de remanufatura.....	64
2.4.3	Fases da remanufatura.....	66
2.4.4	Particularidades da remanufatura.....	71
2.5	Aplicação de práticas enxutas em sistemas de remanufatura	74
2.5.1	Manufatura enxuta	75

2.5.2	<i>Lean</i> em sistemas de remanufatura.....	77
2.6	Comentários finais sobre o Capítulo 2	84
3	PESQUISA DE CAMPO	86
3.1	Procedimentos metodológicos	86
3.1.1	Classificação da pesquisa	87
3.1.2	Estrutura da pesquisa de campo.....	87
3.2	Estudo de caso.....	88
3.2.1	Apresentação da <i>Empresa</i>	89
3.2.2	Estrutura do pós-venda da <i>Empresa</i>	89
3.2.3	Escolha da linha de produtos para o estudo de caso	91
3.2.4	Fluxo de processos para os produtos de <i>troca</i>	93
	<i>expressa</i>	
3.2.5	Elementos de influência na decisão sobre a	
	destinação dos produtos de <i>troca expressa</i>	95
3.2.6	Análise das <i>características complicadoras</i> de	
	Guide (2000) na remanufatura da <i>Empresa</i>	98
3.2.7	Oportunidades para a remanufatura da <i>Empresa</i>	101
3.3	Discussão e comentários finais sobre o Capítulo 3	101
4	MÉTODO DE ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA OS	
	PRODUTOS RETORNADOS (M.A.A.P.R.).....	104
4.1	Diagnóstico	105
4.1.1	Aspectos gerais do Diagnóstico.....	106
4.1.2	Caracterização do problema	108
4.1.3	Qualificação do retorno	111
4.1.4	Potencialidade do negócio	112
4.1.5	Consolidação das informações do levantamento	114
4.2	Apoio à decisão.....	115
4.2.1	Estruturação do problema	116
4.2.2	Criação do modelo multicritério	121

4.2.3	Avaliação dos resultados do modelo.....	130
4.2.4	Resumo passo a passo da aplicação do Apoio à decisão	134
4.3	Orientações <i>Lean</i> para Remanufatura	135
4.3.1	Classificação e posicionamento na Matriz Produto- Processo de Kucner (2008)	136
4.3.2	Desenvolvimento de uma remanufatura enxuta .	139
4.4	Discussão e comentários finais sobre o método	143
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	145
5.1	Objetivos alcançados e questões respondidas	145
5.2	Reflexões sobre a contribuição teórica da pesquisa ...	146
5.3	Limitações e sugestões para futuras pesquisas	149
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
	APÊNDICE.....	157

1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo apresenta a contextualização da pesquisa - de onde emergem o problema e a sua importância - assim como os objetivos, as perguntas a serem respondidas, a delimitação da pesquisa, a metodologia a ser empregada e a estrutura do trabalho como um todo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO, QUESTÃO DE PESQUISA E IMPORTÂNCIA

Os bens de consumo duráveis são bens ou produtos que se destinam a satisfazer as necessidades de consumo de um indivíduo durante um período de tempo relativamente longo, como, por exemplo, os eletrodomésticos e automóveis. Após o processo de venda, esses produtos podem sofrer falhas ou apresentar problemas de qualidade dentro do prazo de garantia, que motivam sua devolução nas lojas, para encaminhamento para conserto, reciclagem ou descarte. Se o produto apresentar falhas ou problemas logo no início de sua vida útil, ele pode ser trocado por um novo ou ter seu valor restituído ao comprador, conforme leis e normas que regem a defesa ao consumidor de cada país.

Essa fase de início de vida útil dos produtos apresenta um pico de taxa de falhas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008) e, além disso, é nesse período inicial que alguns problemas de qualidade podem ser percebidos (*gaps* da qualidade percebida). As falhas ocorridas nos produtos podem ser de ordem funcional ou estética, e em geral são causadas por problemas na operação produtiva, nos materiais ou informações fornecidas à operação, ou ainda pelo mau uso dos consumidores. Já os problemas de qualidade percebida expressam diferenças entre a qualidade esperada e a qualidade experimentada no uso do produto. Logo, muitos produtos retornam às fábricas por “mortalidade infantil” - termo utilizado por Slack, Chambers e Johnston (2008) para designar as falhas iniciais que ocorrem nos produtos - ou problemas de inadequação ao uso.

Esse retorno decorrido da “mortalidade infantil” e por vezes da inadequação ao uso cria um problema de decisão em relação ao melhor destino que pode ser dado a esses *produtos seminovos retornados*. Uma vez retornados à fábrica, existem alguns cenários possíveis para esses bens: remanufatura, reembalagem (reuso do produto “como está”), reciclagem ou descarte (PARKINSON; THOMPSON, 2003). Muitas empresas optam por remanufaturar esse produto.

A remanufatura, de maneira geral, vem se tornando mais comum como destino para os bens que retornam à fábrica em qualquer fase de vida útil. Foi a partir da segunda guerra mundial e sua consequente escassez de material, que iniciou uma movimentação mais significativa no processo de reaproveitamento de produtos, componentes e peças ao invés da produção de novos (SUNDIN, 2006). Entretanto, passado esse período de escassez, com o advento da produção em massa e da doutrina do alto consumo, o reaproveitamento foi desprezado pela sociedade, ressurgindo mais tarde com as preocupações ambientais nos anos 1980.

A partir dos anos 1980, o interesse em ascensão por uma imagem “verde”, as demandas legislativas dos governos e o conceito de sustentabilidade trouxeram maior foco às atividades de recuperação de produtos e do mercado de pós-venda. Um novo aumento da escassez de matéria-prima e essa ênfase na responsabilidade ambiental atribuem uma enorme importância nas formas que a sociedade reusa, recicla e remanufatura os bens materiais (LUND, 1996 apud KUCNER, 2008). Assim, essa reutilização de produtos/peças, que era mais frequente no setor automobilístico, tomou lugar em outros setores como de aparelhos elétricos em geral e eletrodomésticos (SUNDIN, 2006).

Recentemente, afirma-se que a taxa atual de extração de materiais da crosta terrestre não é sustentável, não somente devido à limitação dos recursos, mas também à produção de lixo e desperdícios relativos à extração. Por isso, os ciclos de materiais devem ser fechados, a fim de atingir um estado de desenvolvimento sustentável - aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das futuras gerações. Isso pode ser parcialmente alcançado por meio de um maior grau de recuperação de produtos, como por exemplo, com a remanufatura de produtos (SUNDIN, 2006). Por isso diz-se que a remanufatura está crescendo em popularidade, influenciada por uma variedade de motivos econômicos (novos produtos com menores custos, utilização do valor agregado que resta no produto, contratos de manutenção do ciclo de vida), ambientais (menos resíduos nos aterros) e sociais (mais empregos, menor dependência em matérias-primas raras) (KUCNER, 2008).

Remanufatura é um termo abrangente, que engloba a coleta de produtos, determinação do seu potencial para o reuso, desmontagem e segregação de seus componentes com valor, recuperação do produto, reciclagem dos materiais e eliminação dos resíduos (MÄHL; ÖSTLIN, 2007). Ou ainda, a remanufatura é uma estratégia de produção cujo objetivo é recuperar o valor residual de produtos usados (ATASU; SARVARY; VAN WASENHOVE, 2008). Desta forma, a

remanufatura recupera o valor agregado na forma de material, energia e trabalho que permanece nos produtos descartados (LAGE Jr, 2008) e por isso é frequentemente associada às questões sócio-ambientais.

Para isso, a remanufatura engloba os processos de desmontagem, limpeza, conserto, troca de peças (se necessário) e remontagem do produto. Essas etapas devem garantir que o produto retorne ao mercado com um grau razoavelmente elevado de confiança de que ele suportará, pelo menos, outro ciclo de vida completo (HAMMOND; AMEZQUITA; BRAS, 1998).

Mesmo sendo considerada como a forma mais economicamente sustentável de reuso dos bens manufaturados (AMEZQUITA; BRAS, 1996), a remanufatura ainda tem muitos desafios a superar. Apesar de seus inúmeros benefícios e oportunidades, os sistemas de remanufatura têm permanecido intocados pelos avanços em tecnologia, produtividade e qualidade nos últimos trinta anos (LUND, 1996 apud KUCNER, 2008). A recuperação de produtos possui alguns fatores que restringem seu desenvolvimento enquanto processo produtivo, comparada à manufatura tradicional. Esses fatores têm como consequência a incerteza e variabilidade no ambiente da remanufatura, em termos de tempos, rotas e custos de produção.

Um dos principais desafios da remanufatura é fabricar produtos com qualidade a partir de produtos de qualidade desconhecida (PARKINSON; THOMPSON, 2004). Além dessa dificuldade, seu suprimento é limitado pelo número de retorno das vendas, ou seja, os produtos remanufaturáveis enfrentam restrições de fornecimento. Outras restrições também fazem face à remanufatura, como a possível canibalização das vendas dos produtos novos, visto que os produtos remanufaturados são uma alternativa de baixo-custo (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008).

Desta forma, a decisão de remanufaturar é difícil, os gerentes têm pouca orientação e as práticas da indústria são diversas (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008). Assim, essa destinação pode nem sempre ser a melhor solução aos produtos que retornam e, por isso, outras opções devem ser levantadas e estudadas.

Em suma, a decisão sobre a destinação aos produtos que retornam de campo é complexa, envolvendo fatores subjetivos e numéricos. O desenvolvimento de um sistema de decisão para lidar com o retorno dos produtos é um grande desafio que vai muito além do nível operacional. Por isso são necessárias novas abordagens, que possam lidar com problemas que exigem decisões multicriteriais e priorização, para suportar esses tipos de problemas complexos e não-estruturados

(WADHWA; MADAAN, 2007). A partir dessas informações, associadas ao alto retorno de produtos decorrido da “mortalidade infantil”, formulou-se a seguinte questão de pesquisa:

Quais são as etapas e critérios para tratar os bens de consumo duráveis retornados de campo à fábrica ainda na fase inicial de vida útil do produto?

Desta maneira, surge a necessidade de criar um método que avalie simultaneamente critérios quantitativos e qualitativos desse problema, garantindo a abrangência do máximo de variáveis de impacto, mesmo que a influência de cada uma delas seja diferenciada. Com base no exposto acima, esta pesquisa tem foco no desenvolvimento de um método de estudo e avaliação multicriterial para o processo decisório acerca dos produtos que retornam precocemente de campo e no fornecimento de recomendações para o tratamento desses bens, aqui chamados de *produtos seminovos retornados*.

Adicionalmente aos argumentos levantados e reforçando a importância desse trabalho, Subramoniam, Huisinigh e Chinnam (2009) afirmam que os conceitos de remanufatura e logística reversa estão ganhando popularidade na prática, porém a literatura e teoria disponíveis em decisão estratégica nessas áreas são limitadas.

Além disso, no Brasil, a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em agosto de 2010, traz muitas inovações que exigirão alterações na conduta empresarial quanto ao retorno de produtos, pois responsabiliza as empresas pelo recolhimento destes (logística reversa), incentivando o reuso e a reciclagem. Esta política estimula a busca por soluções sócio-ambientais, não mais relacionadas somente à criação da imagem “verde”, mas também às medidas de sustentabilidade do próprio negócio, gerenciando a conformidade legal ambiental sob a ótica econômica.

Em suma, os argumentos aqui apresentados são suficientes para motivar e justificar a realização dessa dissertação que contribuirá para os estudos na área de retorno de produtos e remanufatura. A pesquisa também aborda alguns conceitos e práticas utilizadas nos sistemas de remanufatura a fim de minimizar os efeitos da instabilidade inerente a esse ambiente e prover flexibilidade e eficiência ao processo de recuperação de produtos. Essa última abordagem é motivada pela popularidade que essa destinação tomou nos últimos anos associada à pouca teoria desenvolvida na área de recuperação de produtos – a literatura é pequena em comparação à importância que a remanufatura representa nas questões gerenciais (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008).

1.2 OBJETIVOS

Com base nos argumentos apresentados no item 1.1, nas lacunas encontradas na literatura e no problema de pesquisa, esse trabalho tem os seguintes objetivos:

1.2.1 Geral

Propor um método de análise de alternativas de destino para os bens de consumo duráveis retornados de campo à fábrica ainda na fase inicial de vida útil do produto.

1.2.2 Específicos

- Apresentar uma revisão de termos e conceitos de: falhas nos produtos, produtos retornados, remanufatura e estruturação e análise de problemas;
- Desenvolver um método genérico para a problemática descrita, a partir de uma análise crítica dos elementos teóricos encontrados na revisão bibliográfica e dos elementos práticos encontrados em pesquisa de campo;
- Apresentar as etapas e critérios necessários para aplicação do método.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para esse trabalho, considera-se o contexto de retorno de produtos à fábrica, desde a devolução do cliente no local de compra. Outras premissas dessa pesquisa são:

- São considerados os bens de consumo duráveis e remanufaturáveis - como aparelhos eletrônicos (telefones, computadores) e eletrodomésticos - que apresentam algum defeito no início da sua vida útil e são retornados à fábrica, seja por meio da lei de proteção ao consumidor, políticas de *marketing* de extensão da lei de troca, ou outros;
- O consumidor não permanece com a propriedade do bem que retorna para a remanufatura, ou seja, a fábrica não exerce o papel de prestadora de serviço de assistência técnica para esse caso.

Desta maneira, esse trabalho possui como foco o retorno dos produtos de campo e as questões que envolvem o processo decisório sobre as destinações que podem ser dadas a esses bens.

1.4 QUESTÕES A SEREM RESPONDIDAS PELA PESQUISA

Além dos objetivos principal e específicos, essa pesquisa também responde às seguintes questões relativas ao tema:

- Quais são os possíveis cenários para produtos que retornam de campo no início de sua vida útil?
- Quais são os fatores que influenciam na escolha da destinação para os produtos que retornam de campo por falha na etapa inicial de vida?
- Quais são as características do ambiente de remanufatura?
- Quais são as etapas de um processo de remanufatura tradicional?
- Quais são as orientações para melhorar a qualidade e eficiência de um sistema de remanufatura?

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Essa pesquisa é de natureza exploratória, pois objetiva obter maior familiaridade com o problema, com delineamento do tipo “estudo de caso”, uma vez que utiliza um conjunto de procedimentos pré-estabelecidos para investigar um tópico empírico. Esses procedimentos estão descritos em maiores detalhes no Capítulo 3.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de manufatura de bens de consumo duráveis da área de telecomunicações, que possui um setor responsável pelo recebimento e tratamento dos produtos que retornam de campo.

Quanto à elaboração do método para tratar os bens que retornam de campo, são usados os fatores técnicos funcionais (do estudo de caso) e os fatores técnicos bibliográficos (literatura) para sua concepção. O método estrutura-se da seguinte forma, como indica a Figura 1.

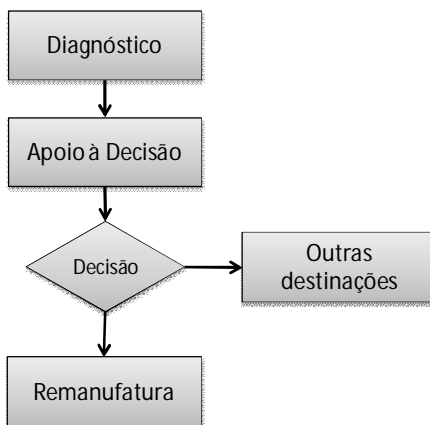


Figura 1: Fluxo do método.

Na fase inicial, um diagnóstico provê um embasamento para a estruturação e análise do problema, na fase seguinte de apoio à decisão, que fornece recomendações acerca da destinação aos *produtos seminovos retornados*. E, por fim, são desenvolvidas orientações para a destinação mais comum aos produtos que retornam: a remanufatura.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está estruturada nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: corresponde a este capítulo, fornecendo uma visão geral da presente pesquisa, apresentando o tema, o contexto, a questão da pesquisa e sua importância, os objetivos do estudo, a delimitação, a metodologia e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: apresenta o referencial teórico da pesquisa, tratando dos conceitos relacionados ao retorno de produtos e à remanufatura, como falhas ocorridas nos produtos, cenários para o produto retornado, metodologias de estruturação e análise de problemas e definições, fases e particularidades da remanufatura.

Capítulo 3 – Pesquisa de Campo: apresenta o planejamento da pesquisa de campo dentro do espectro da metodologia científica, o estudo de caso realizado e os resultados e análises obtidas.

Capítulo 4 – Método de Análise de Alternativas para Produtos Retornados: apresenta uma proposta de um método elaborado com base nos conhecimentos adquiridos na revisão da literatura e no estudo de caso. A proposta apresenta as fases e atividades

referentes ao processo de estudo e análise das alternativas de destino ao *produto seminovo retornado*, bem como as ferramentas usadas e orientações para um sistema de remanufatura. Ao fim, são feitas análises e considerações sobre o método proposto.

Capítulo 5 – Considerações Finais e Recomendações: apresenta as considerações finais da dissertação e algumas recomendações para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo apresenta-se a revisão da bibliografia consultada sobre os principais assuntos que são abordados durante a pesquisa, que inclui os seguintes tópicos:

- Falhas e problemas de qualidade nos produtos;
- Cenários possíveis para o produto retornado;
- Metodologias para estruturar e analisar alternativas;
- Remanufatura de bens de consumo duráveis: definições, etapas e particularidades;
- Aplicação das práticas enxutas no ambiente de remanufatura.

Essa revisão da bibliografia foi realizada por meio de fontes de pesquisa em periódicos como *Science Direct*, *Emerald Insight*, *SciELO*, *Compendex*, *EBSCO*, entre outros. Além dos periódicos, foram consultadas teses, dissertações, livros e artigos de conferências internacionais nos temas supracitados.

2.1 FALHAS NOS PRODUTOS

Esse tópico aborda a ocorrência de problemas nos produtos – seja por falhas estéticas/funcionais ou insatisfação do consumidor – que motivam o retorno às fábricas. Também são apresentadas as possíveis fontes de falhas, assim como a variação de índice de falhas ao longo da vida útil de um bem. Ainda, é apresentado um panorama de falhas para o contexto do pós-venda.

2.1.1 Falhas e problemas de qualidade

O retorno de produtos à fábrica muitas vezes é motivado por falhas ocorridas, que podem ser de ordem funcional ou estética. Há sempre uma probabilidade de ocorrência de falhas em um produto, porém a severidade da falha, assim como o motivo que a provoca, são diversos. Por isso, é importante discriminar as diferentes razões de falhas, para poder dar foco àquelas que são críticas e que podem acarretar graves consequências em longo prazo para a empresa. Os produtos falham por diversos motivos, que podem ser agrupados como (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008):

- Aqueles que têm sua fonte dentro da operação produtiva, pois seu projeto global foi mal feito ou porque suas instalações (máquinas, equipamentos e edifícios) ou pessoal falharam;
- Aqueles que são causados por falhas nas informações ou materiais fornecidos à operação produtiva;
- Aqueles que são causados por ações dos clientes, como o mau uso.

Além das falhas, outra forma de originar o retorno de produtos é a insatisfação do consumidor, ou seja, não necessariamente o produto apresentou algum defeito nas suas funcionalidades ou estética, mas provocou insatisfação em seu usuário. Essa insatisfação pode ser interpretada como um problema de qualidade, que pode ser diagnosticado por meio de uma investigação nas lacunas da qualidade percebida (*quality gaps*). Desta forma, afirma-se que cinco lacunas poderiam compor a lacuna de qualidade percebida entre as percepções e as expectativas dos consumidores (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

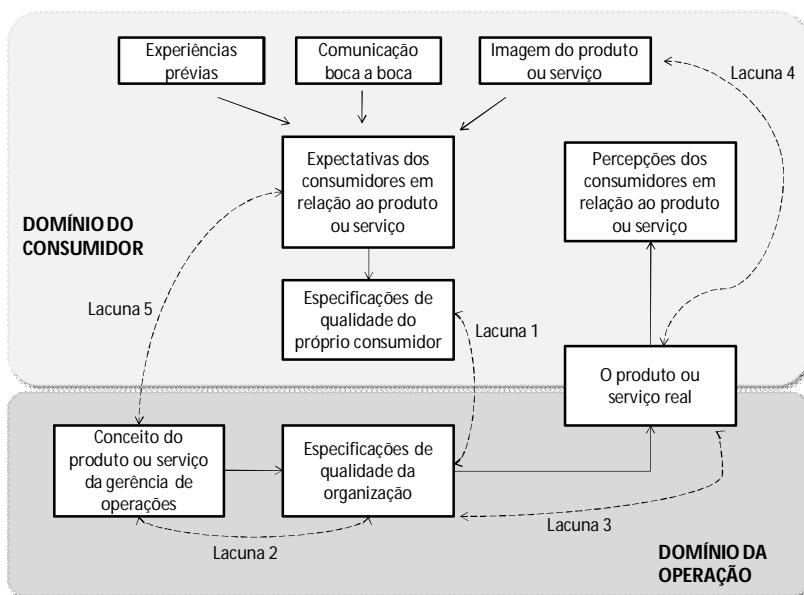


Figura 2: Lacunas da qualidade percebida.

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2008).

As fontes de problemas de qualidade – que podem ser as causas do retorno de produtos – podem estar em uma ou mais lacunas apresentadas na Figura 2. A lacuna 1 representa o *gap* que pode existir entre as especificações do consumidor e as especificações da organização em relação ao produto/serviço. A lacuna 2 diz respeito à defasagem que pode existir entre o conceito do produto/serviço e as especificações do mesmo. A lacuna 3 representa a possibilidade de haver diferenças entre as especificações de qualidade do produto/serviço na organização e o produto/serviço real ofertado ao consumidor. A lacuna 4 denota o *gap* entre o produto/serviço real ofertado e a imagem que o consumidor tem desse produto/serviço. Por fim, a lacuna 5 aponta uma possível diferença entre as expectativas do consumidor em relação aos produtos e serviços e o conceito desses produtos/serviços dentro do domínio da operação.

Desta forma, além das falhas ocorridas nos produtos, essas lacunas podem ser uma causa para o retorno de produtos do mercado, uma vez que geram insatisfação no consumidor em relação ao bem durável.

2.1.2 Falhas em função do tempo

Na maioria das vezes, as falhas são uma função do tempo. Em diferentes fases da vida de qualquer produto, a probabilidade que esse falhe é diferente. E a curva que descreve essa probabilidade de falha é chamada “curva da banheira”, que é dividida em três fases (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008):

- Mortalidade “infantil”: também chamada de etapa de “vida inicial”, caracteriza-se por falhas iniciais que ocorrem por causa de peças defeituosas ou por uso inadequado;
- “Vida normal”: nessa etapa, a taxa de falhas é normalmente baixa e constante, sem apresentar forte tendência, e os problemas são causados por fatores aleatórios normais;
- Etapa de “desgaste”: inicia quando a taxa de falhas aumenta à medida que o produto se aproxima do final de sua vida útil e as falhas, geralmente, ocorrem em consequência do envelhecimento e da deterioração das peças e componentes.

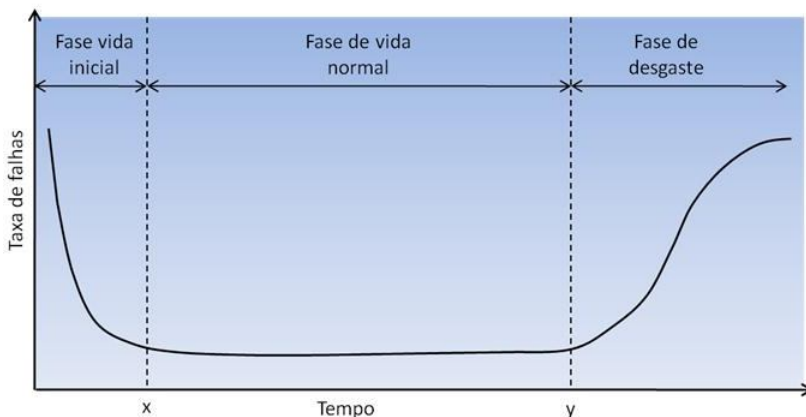


Figura 3: Curva da banheira.¹

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2008).

A curva da Figura 3 mostra que, se o produto sobreviver à “vida inicial”, isto é, após o tempo x , é muito provável que sobreviva pelo menos até o início do desgaste, ou seja, até o tempo y . Após o tempo y , no entanto, sua probabilidade de sobrevivência diminui progressivamente.

Vale ressaltar que esse modelo de “curva da banheira” representa um produto com características de falhas muito previsíveis, que apresenta uma alta taxa de “mortalidade infantil”, baixa taxa de falhas na sua “vida normal” e crescente taxa de mortalidade na “fase de desgaste”. Entretanto, há produtos que diferem acentuadamente quanto à previsibilidade das falhas e, portanto, a distinção entre as três fases é menos visível. Essa é uma das “características complicadoras” para a indústria da remanufatura, quando a “curva da banheira” não segue esse padrão e gera uma incerteza no tempo e volume de retorno do produto, ou seja, uma imprevisibilidade no fornecimento da remanufatura. Essa particularidade será tratada em detalhes, mais adiante, nessa revisão bibliográfica.

2.1.3 Falhas no contexto de pós-venda

O serviço de pós-venda para manufatura de bens envolve uma gama de atividades que ocorrem após a compra do produto, com o intuito de dar suporte aos consumidores no uso e no retorno dos

¹ A linha de “tempo” desta figura é ilustrativa, sendo uma representação temporal sem escala ou proporções definidas.

produtos (SACCANIA; JOHANSSON; PERONNA, 2007). Assim, o pós-venda possui várias formas de atuação, como: apoio técnico, reparo/manutenção, entrega de peças de reposição, melhorias nos produtos, entre outros. E, além disso, Ahn e Sohn (2009) afirmam que, por meio do pós-venda, as manufaturas podem obter *feedback* do desenvolvimento de seus produtos/serviços.

Como contribuição dessa pesquisa, foi realizado um panorama de fases do contexto de pós-venda confrontado com as fases da vida útil do produto da “curva de banheira” apresentada por Slack, Chambers e Johnston (2008). Este panorama traz a atuação do pós-venda no retorno dos produtos em diferentes etapas de sua vida útil.

Foram determinadas quatro fases de atuação para o pós-venda:

- Fase I – Troca Expressa: Essa primeira fase engloba a troca garantida pela lei do consumidor (no Brasil, prazo de sete dias após a compra/entrega), localizada dentro da fase inicial da vida do produto ou fase da “mortalidade infantil”. Em geral, esta fase é mais curta, em termos de tempo, do que a fase inicial de vida útil do produto. Qualquer problema que o produto venha a apresentar nesse período, o bem pode ser trocado por outro completamente novo ou o consumidor pode ser restituído financeiramente. O produto que não funcionou retorna à fábrica e pode ser remanufaturado, reciclado ou descartado.
- Fase II – Garantia/Manutenção: Após o prazo de troca, o bem pode ser coberto por uma garantia que varia de acordo com o produto e com as estratégias do fabricante. Em geral, esse período de garantia fica entre três meses (garantia legal) até cinco anos após sua aquisição. Na maioria dos casos, a garantia cobre qualquer problema no produto, exceto os causados por mau uso do consumidor. Para isso, a fábrica (ou empresa terceirizada responsável) disponibiliza o serviço de assistência técnica gratuito. Essa Fase II engloba a parte final da etapa inicial de vida do produto, e o início da fase de vida normal.
- Fase III – Assistência técnica/Manutenção: A terceira fase caracteriza-se pela assistência técnica e/ou manutenção provida no período fora da garantia, ofertado como um serviço de conserto/manutenção a ser arcado financeiramente pelo consumidor. Essa atuação do pós-

venda, em geral, ocorre durante a fase de vida normal do produto.

- **Fase IV – Remanufatura no final de vida:** A quarta e última fase caracteriza-se pelo desuso do bem que, na maioria das vezes, já não realiza as suas funcionalidades em plena qualidade, quando o produto já está em período avançado da vida útil. A chegada dessa fase varia fortemente de acordo com o tipo de bem. Assim, nessa etapa, a remanufatura ou outro tipo de reuso objetiva prover um novo ciclo de vida ao bem, prolongando sua vida útil.

A Figura 4 coloca essas quatro fases do Pós-venda ao longo da Curva da Banheira de Slack, Chambers e Johnston (2008), caracterizando o Panorama do Pós-venda no ciclo de vida útil de um produto.

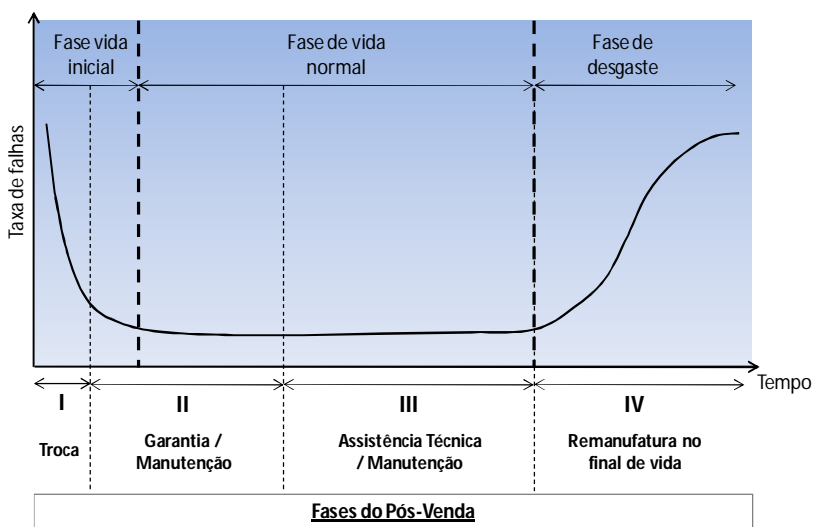


Figura 4: Panorama do pós-venda na curva da banheira.²

Sendo assim, para esse trabalho, o método considera aqueles produtos que falham na fase da “vida inicial” e retornam à fábrica, seja

² A linha de “tempo” desta figura é ilustrativa, sendo uma representação temporal sem escala ou proporções definidas.

pela *troca expressa*³, seja por política de *marketing* da empresa ou outra modalidade de retorno. E para designar mais facilmente esse tipo de produto, é usada, a partir daqui, a expressão mais abrangente *Produto Seminovo Retornado* ou somente PSR.

2.2 TAXONOMIA E CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA O PRODUTO RETORNADO

Uma vez que um produto é retornado de campo pelo consumidor por apresentar alguma falha, esse deve ser enquadrado em alguma das opções de tratativa para os produtos devolvidos. Essas possíveis destinações são levantadas por Parkinson e Thompson (2003) por meio de uma análise taxonômica. Os autores colocam os possíveis cenários para o final da vida de um produto que seguem na Figura 5, no entanto adaptados aqui para o caso de um produto que sofre a “mortalidade infantil” da curva da banheira, conforme visto anteriormente.

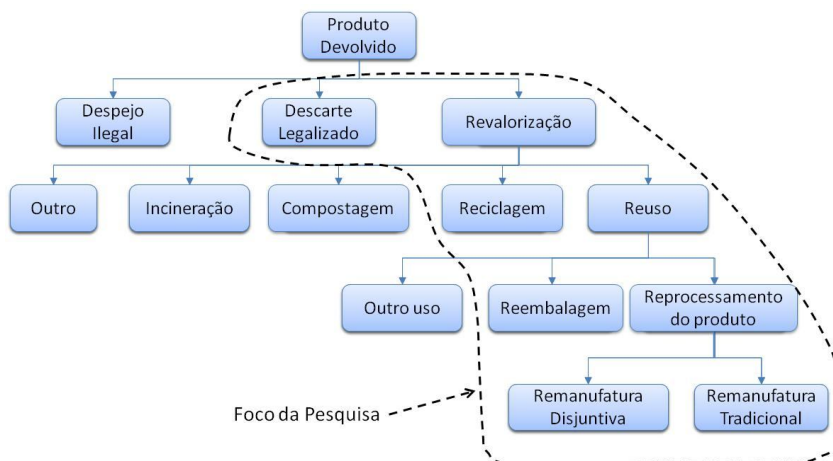


Figura 5: Cenários para um *produto seminovo retornado* (PSR).

Fonte: Adaptado de Parkinson e Thompson (2003).

Portanto, ao ser retornado, um produto pode ser direcionado a uma área de despejo ilegal, um aterro convencional (descarte legalizado) ou sofrer um processo de “revalorização”. Este último é um neologismo que descreve o ato de recuperar o valor. Dentro das possibilidades de

³ Processo pelo qual produtos retornam à fábrica por falharem na fase da “vida inicial” e dentro do período de troca garantida pela lei do consumidor nº 8.078/90, ou seja, em até sete dias após a entrega do bem (BRASIL, 1990).

revalorização, o produto pode ser encaminhado para reuso, reciclagem, incineração, compostagem, dentre outros. Para essa pesquisa, os descartes em áreas ilegais, a incineração e a compostagem não são abordados. Entretanto, é importante comentar que a incineração pode ser considerada como um tipo de revalorização, uma vez que pode gerar energia, por exemplo.

Os termos “reuso” e “reciclagem” são utilizados erroneamente como sinônimos. O reuso é caracterizado por toda forma de reutilização do produto. Em outros termos, continua-se a usar o produto (PARKINSON; THOMPSON, 2003). Na reciclagem, por sua vez, a energia e os recursos despendidos na produção do produto são perdidos, e esse é reduzido ao estado de matéria-prima e insumos para outros processos.

Em suma, dentro das possíveis formas de destino a um produto devolvido, tem-se:

- Remanufatura tradicional: o produto ao chegar à fábrica é encaminhado para ser reparado e vendido posteriormente como produto remanufaturado.
- Remanufatura disjuntiva (para reaproveitamento de peças): o produto é desmontado e reaproveitam-se peças do produto com maior valor agregado e que estejam em bom estado para a manufatura, que as utiliza em produtos totalmente novos. Pode ocorrer também de se reaproveitar peças mesmo com defeito, recuperando seu valor por meio de um conserto (definição para recondicionamento).
- Reembalagem: o produto chega e é revendido “como está”, sem passar por etapas de recuperação, apenas por uma reembalagem, caso seja necessário.
- Reciclagem: o produto que retorna à fábrica é desmontado e suas peças revendidas/encaminhadas para reciclagem.
- Descarte: o bem retornado é descartado.

Exceto a reembalagem, que é um caso bem específico de reuso, dentre as destinações citadas, a remanufatura é considerada como a forma mais economicamente sustentável de reuso dos bens manufaturados (AMEZQUITA; BRAS, 1996), apresentando vários benefícios e oportunidades (LUND, 1996 apud KUCNER, 2008). Segundo os autores Amezquita e Bras (1996), os benefícios da remanufatura são muitos, sendo os mais importantes:

- A remanufatura poupa material, energia, capital, mão-de-obra e emissões que foram empregados na manufatura e no processamento dos materiais dos produtos originais;
- O custo final de produção pode ser menor que o da manufatura, permitindo as remanufaturas venderem suas unidades por preços de 25 até 50% menores que os itens da manufatura, com qualidade equivalente ou superior.

Mesmo considerando todos esses benefícios advindos da remanufatura, essa indústria ainda tem muitos desafios a superar. Os sistemas de remanufatura têm permanecido intocados pelos avanços em tecnologia, produtividade e qualidade nos últimos trinta anos (LUND, 1996 apud KUCNER, 2008). A recuperação de produtos possui alguns fatores que limitam seu desenvolvimento, comparada à manufatura tradicional. Um dos principais desafios da remanufatura é produzir produtos com qualidade a partir de produtos de qualidade desconhecida (PARKINSON; THOMPSON, 2004).

Por isso afirma-se que a decisão de remanufaturar é difícil, os gerentes têm pouca orientação e as práticas da indústria são diversas (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008). Logo, essa destinação pode não ser a melhor solução para todos os produtos que retornam e, por isso, outras opções devem ser levantadas e estudadas. São necessárias novas abordagens, que possam lidar com problemas que exigem decisões multicritérios e priorização, para dar suporte a esses tipos de problemas complexos e não-estruturados (WADHWA; MADAAN, 2007).

Desta maneira, antes de abordar mais a fundo os conceitos, práticas e características da remanufatura, o próximo item desse trabalho aborda uma metodologia de estruturação de problemas e avaliação de alternativas que considera decisões complexas, envolvendo fatores quantitativos e qualitativos em nível estratégico.

2.3 METODOLOGIA PARA ESTRUTURAR PROBLEMAS E AVALIAR ALTERNATIVAS

Conforme foi abordado anteriormente, a remanufatura possui inúmeras vantagens, e em muitos casos pode ser a melhor alternativa de destino aos produtos retornados de campo. Entretanto, o ambiente de remanufatura apresenta diversas incertezas que podem tornar esse destino não satisfatório para a empresa e para os influenciados pela decisão de remanufaturar (*stakeholders* da decisão). Por isso, outras opções de destino aos bens retornados devem ser consideradas e

estudadas, o que resulta em um problema decisório complexo, envolvendo fatores subjetivos e numéricos.

É no contexto do processo de tomada de decisão em uma organização que se busca a solução de problemas, a fim de atingir os objetivos previamente definidos pelo negócio. Em tal contexto são necessários paradigmas e modelos que norteiem as possibilidades e facilitem as escolhas mais adequadas (MIRANDA, 2006).

No ambiente organizacional, as decisões podem ser classificadas em três níveis: operacional, tático e estratégico. O nível estratégico é mais abrangente no processo decisório das organizações, pois inclui a definição de objetivos, políticas e critérios gerais para planejar o curso da organização (MIRANDA, 2006). Por isso, as decisões estratégicas devem estar diretamente ligadas aos objetivos estratégicos da organização.

Logo, a presente pesquisa tem foco em um processo decisório em nível estratégico, e para isso, foi escolhido o paradigma construtivista como padrão de compreensão da realidade. A escolha por esse paradigma deve-se principalmente ao fato que o problema dessa dissertação não pode ser baseado somente em dados quantitativos, como ocorre no paradigma racionalista da Pesquisa Operacional. Desta maneira, o problema de pesquisa leva em consideração fatores ambientais, sociais e organizacionais (fontes qualitativas) assim como dados quantitativos, como custos.

Portanto, faz-se a necessidade de um método que avalie simultaneamente critérios quantitativos e qualitativos do problema, assegurando a abrangência do máximo de variáveis de impacto, mesmo que a influência de cada uma delas seja diferenciada. Assim, a metodologia multicriterial de apoio à decisão parece ser a mais adequada, pois seu foco é a geração de conhecimento, maior compreensão do problema e da repercussão que as ações exercem sobre a problemática, permitindo ainda a identificação de oportunidades de aperfeiçoamento (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Em outros termos, dentro do paradigma construtivista, o apoio multicriterial à decisão é uma forma de resolução de problemas onde, ao final do processo, são geradas recomendações que atendam os valores e interesses daqueles efetivamente envolvidos no processo decisório (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). O apoio multicriterial à decisão parece ser uma disciplina solidamente enraizada em seu tempo, que incorpora a ideia de aprendizagem e não procura descobrir uma verdade existente externamente aos atores envolvidos no processo decisório (MARTEL, 1999). Desta forma, no tópico seguinte, é

apresentada uma metodologia multicriterial de apoio à decisão para estruturação e avaliação de problemas.

2.3.1 Apoio à decisão

No apoio à decisão, são incorporados aspectos subjetivos na tomada de decisão, os quais são explicitados e quantificados. Assim, o processo de análise leva em consideração fatores qualitativos e quantitativos. Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), a metodologia de apoio à decisão pode ser dividida nas seguintes etapas: Identificação do contexto decisório; Estruturação do problema dos decisores; Estruturação do modelo multicritério; e Avaliação das ações potenciais. Essas etapas estão descritas nos próximos tópicos e foram baseadas na obra desses autores.

2.3.1.1 Identificação do contexto decisório

Essa etapa contempla os aspectos iniciais que devem ser definidos no começo de um processo de apoio à decisão. O primeiro passo dessa etapa é identificar os atores envolvidos no processo, ou seja, os *stakeholders* da decisão. Os *stakeholders* são as pessoas ou grupos direta ou indiretamente envolvidos na decisão, que influenciam ou são influenciados no processo decisório. A partir dessa definição, são identificados os decisores dentro do grupo de *stakeholders* do processo, que são aqueles que possuem maior poder e interesse na decisão. Os decisores são as pessoas ou grupos de pessoas que participarão do processo de apoio à decisão.

O passo seguinte é a identificação do tipo de ações, que se referem aos objetos, decisões, candidatos, alternativas etc. que serão explorados durante o processo decisório e analisados pelo modelo multicritério. Por exemplo, para o problema de *produtos seminovos retornados* (PSR), as ações potenciais seriam as possíveis destinações (tratativas) para esses bens.

2.3.1.2 Estruturação do problema dos decisores

A estruturação do problema consiste, em primeira instância, montar o mapa cognitivo ou mapas, no caso de haver mais de um decisor. Esse mapa é uma forma de representar o problema, segundo a visão do decisor. Para construir um mapa cognitivo, deve-se primeiramente definir um rótulo que descreva o problema. Esse rótulo pode ser apresentado em uma frase, que delimite o contexto decisório,

de forma a manter o foco nos aspectos mais importantes para a resolução do problema.

A partir daí, são levantados os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), por meio de um *brainstorming*. Um número razoável de EPAs deve ser considerado para que o mapa possa ser construído. Algumas questões são sugeridas por Ensslin, Montibeller e Noronha (2001) para facilitar a elaboração dos EPAs (Quadro 1).

Estratégia	Pergunta que Deve Ser Feita
Aspectos Desejáveis	Quais são os aspectos que você gostaria de levar em conta em seu problema?
Ações	Quais características distinguem um ação (potencial ou fictícia) boa de uma ruim?
Dificuldades	Quais são as maiores dificuldades com relação ao estado atual?
Conseqüências	Quais conseqüências das ações são boas/ruins/inaceitáveis?
Metas/Restrições/Linhas Gerais	Quais são as metas/restrições/ e linhas gerais adotadas por você?
Objetivos Estratégicos	Quais são os objetivos estratégicos neste contexto?
Perspectivas Diferentes	Quais são para você, segundo a perspectiva de um outro decisor, os aspectos desejáveis/ ações/dificuldades/etc?

Quadro 1: Estratégias para identificar EPAs.
Fonte: Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

As respostas a essas questões fornecem possíveis EPAs, que podem ser selecionados e combinados para formar a lista de EPAs para o problema. A partir dos EPAs são construídos os conceitos, por meio da orientação do EPA a uma ação. Tal dinamismo pode ser feito colocando o verbo no infinitivo. Essa dinâmica de criação dos conceitos está exposta na Figura 6.

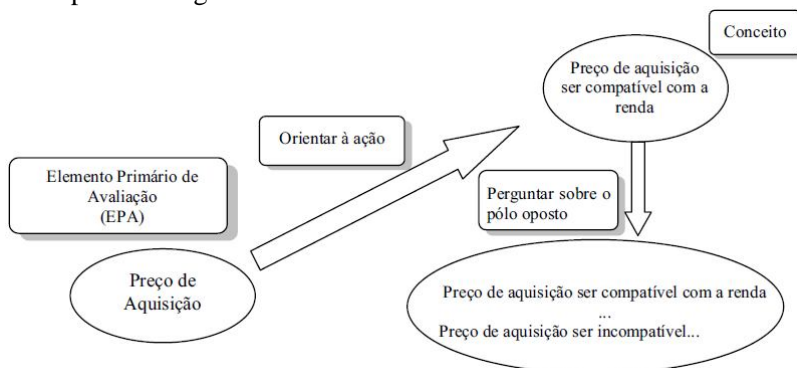


Figura 6: Construção de um conceito a partir de um EPA.
Fonte: Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

Pode-se notar na figura acima que o conceito também inclui um pólo oposto, que representa o contraste ao primeiro pólo. Após a montagem desses conceitos a partir de cada EPA, inicia-se a construção do mapa cognitivo com o levantamento dos meios necessários para atingir um conceito, assim como a determinação dos fins aos quais ele se destina. Esse levantamento deve ser realizado por meio de perguntas como “Por que este conceito é importante?” (em direção aos fins) e “Como se poderia obter tal conceito?” (em direção aos meios) para cada conceito. Desta forma, surgem outros conceitos, que unidos por ligações de influência resultam na estrutura do mapa, conforme ilustra a Figura 7.

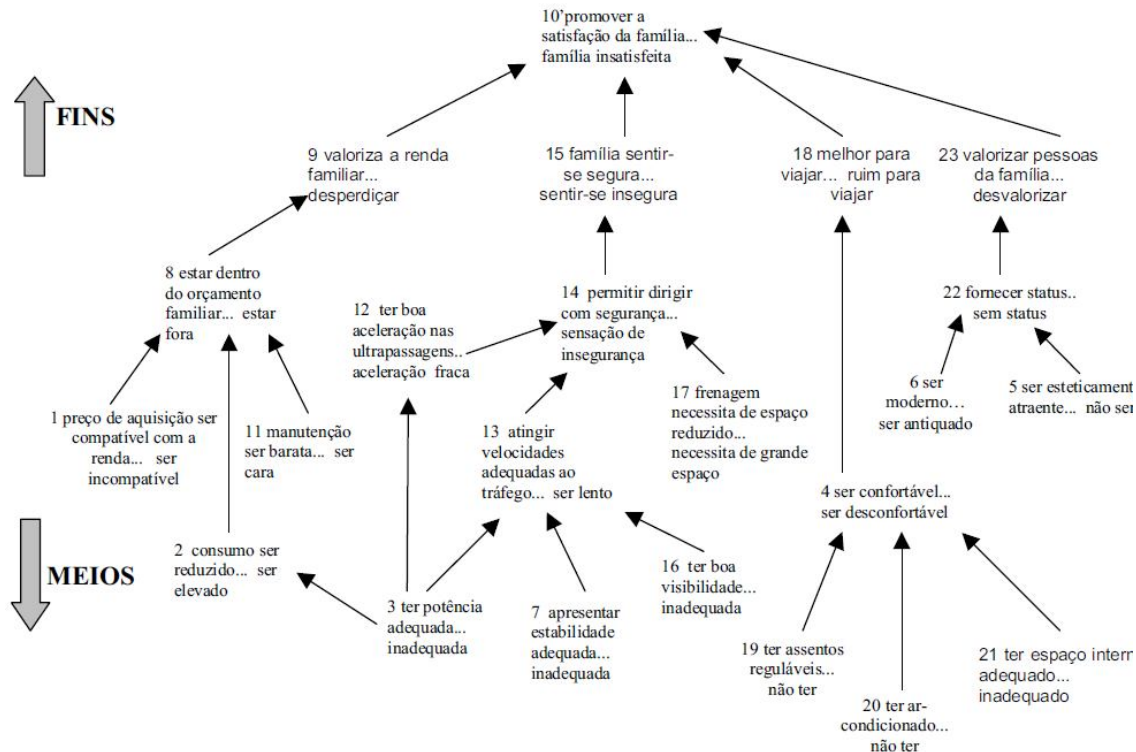


Figura 7: Exemplo de Mapa Cognitivo para a compra de um carro.

Fonte: Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

As ligações de influência podem ser positivas ou negativas. As ligações positivas indicam que o primeiro pólo de um conceito influencia de forma positiva o primeiro pólo do outro conceito e, da mesma forma, um pólo oposto influencia positivamente o outro pólo oposto. Uma ligação negativa indica que o primeiro pólo de um conceito influencia o pólo oposto do outro conceito, e vice-versa. Por exemplo, na figura anterior, o conceito 21 *Ter espaço interno adequado ... inadequado* influencia positivamente o conceito 4 *Ser confortável ... ser desconfortável*.

Após a elaboração do mapa, o passo seguinte é a análise do mesmo. Haverá elementos que apresentarão maior afinidade entre si (ligações mais fortes) e outros nem tanto. Isso possibilita a identificação de grupos com correspondência mais forte, chamados de *clusters*. Analisar um mapa pela ótica dos *clusters* pode ser vantajoso, pois reduz o grau de complexidade.

Outra análise a ser feita é aquela que determina as linhas de argumentação (conjunto de conceitos) e os ramos (conjunto de linhas de argumentação). É a partir desses ramos que surgirão os pontos de vista fundamentais, que darão origem à estrutura arborescente do problema. Desta maneira, segue no Quadro 2 um exemplo de identificação de linhas de argumentação e ramos do mapa cognitivo da Figura 7.

<i>Cluster</i>	Ramos	Linhas de Argumentação	Sequência de Conceitos
Custo	B ₁	A ₁	(C ₁) \Rightarrow (C ₈) \Rightarrow (C ₉) \Rightarrow (C ₁₀)
	B ₂	A ₂	(C ₃) \Rightarrow (C ₂) \Rightarrow (C ₈) \Rightarrow (C ₉) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₃	(C ₁₁) \Rightarrow (C ₈) \Rightarrow (C ₉) \Rightarrow (C ₁₀)
Benefícios	B ₃	A ₄	(C ₃) \Rightarrow (C ₁₂) \Rightarrow (C ₁₄) \Rightarrow (C ₁₅) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₅	(C ₃) \Rightarrow (C ₁₃) \Rightarrow (C ₁₄) \Rightarrow (C ₁₅) \Rightarrow (C ₁₀)
	B ₄	A ₆	(C ₇) \Rightarrow (C ₁₄) \Rightarrow (C ₁₅) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₇	(C ₁₆) \Rightarrow (C ₁₄) \Rightarrow (C ₁₅) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₈	(C ₁₇) \Rightarrow (C ₁₄) \Rightarrow (C ₁₅) \Rightarrow (C ₁₀)
	B ₅	A ₉	(C ₁₉) \Rightarrow (C ₄) \Rightarrow (C ₁₈) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₁₀	(C ₂₀) \Rightarrow (C ₄) \Rightarrow (C ₁₈) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₁₁	(C ₂₁) \Rightarrow (C ₄) \Rightarrow (C ₁₈) \Rightarrow (C ₁₀)
	B ₆	A ₁₂	(C ₆) \Rightarrow (C ₂₂) \Rightarrow (C ₂₃) \Rightarrow (C ₁₀)
		A ₁₃	(C ₅) \Rightarrow (C ₂₂) \Rightarrow (C ₂₃) \Rightarrow (C ₁₀)

Quadro 2: Exemplo de ramos e linhas de argumentação de um mapa cognitivo.

Fonte: Adaptado de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

Os pontos de vista fundamentais (PVF) fazem a transição do mapa cognitivo para o modelo de avaliação multicriterial. Para determiná-los, deve-se analisar cada ramo do mapa e identificar qual é o conceito que expressa ideias relacionadas aos objetivos estratégicos dos decisores, e ao mesmo tempo, que esteja relacionado às ações potenciais (alternativas). Além disso, um ponto de vista fundamental deve ser essencial e controlável. Por exemplo, no Quadro 2, analisa-se primeiramente o ramo B₁, que engloba a linha A₁. Deve-se escolher um conceito do ramo que seja, segundo os decisores:

- Fundamental para avaliar as ações potenciais;
- Representativo de um aspecto com consequências fundamentalmente importantes para os objetivos estratégicos dos decisores (essenciabilidade);
- Um aspecto influenciável somente pelas ações potenciais em questão (controlabilidade).

Essa mesma análise é realizada para os demais ramos do mapa, a fim de determinar todos os PVFs da decisão, que são os eixos de

avaliação do problema. A definição dos PVFs gera uma estrutura arborescente, como a que segue na Figura 8.

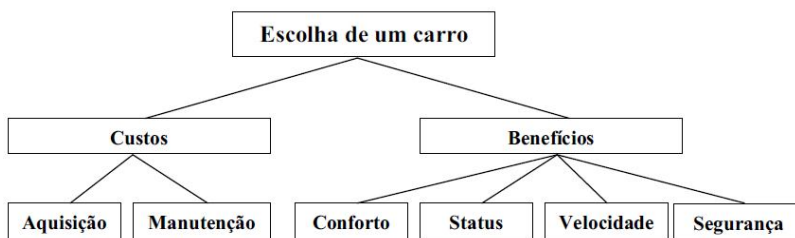


Figura 8: Arborescência⁴ de PVF.

Fonte: Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

No exemplo da Figura 8, os eixos de avaliação (PVFs) do problema “Escolha de um carro” são: custo de aquisição, custo de manutenção, conforto, *status*, velocidade e segurança. A próxima etapa é a criação do modelo multicritério.

2.3.1.3 Estruturação do modelo multicritério

Nessa etapa, são descritos os passos para estruturar o modelo multicritério, que incluem a criação dos descritores, funções de valor e taxas de substituição. Assim, para avaliar as ações potenciais (alternativas), é necessário construir um critério de avaliação em cada ponto de vista da arborescência. Um critério é constituído de um descritor – que fornece maior entendimento do PVF – e uma função de valor – que prevê as diferenças de atratividade entre as ações.

Um descritor é um conjunto de níveis de impacto que visam mensurar uma dimensão do contexto decisório, ou seja, ele descreve o desempenho das ações potenciais a partir de um ponto de vista fundamental (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Um descritor deve atender a três critérios: mensurabilidade, operacionalidade e compreensibilidade; permitindo assim que o desempenho de uma ação potencial seja mensurado de forma clara.

Uma vez definidos os níveis de impacto, devem ser determinados os níveis “neutro” e “bom” do descritor, que permitem uma maior inteligibilidade do descritor e do PVF a ser avaliado.

⁴ Termo utilizado para o processo de formação de uma árvore, neste caso, da árvore de decisão.

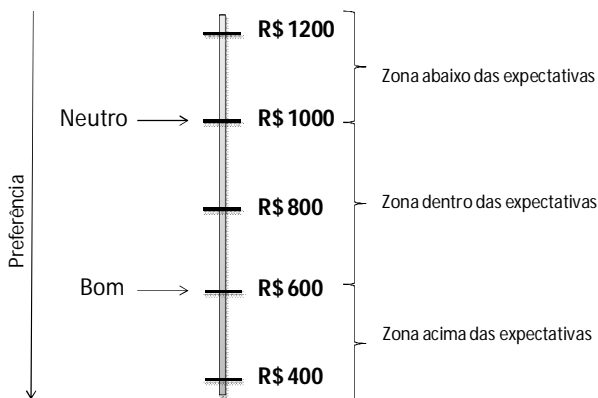


Figura 9: Exemplo de níveis de impacto e níveis "bom" e "neutro" para PVF *manutenção mensal do veículo*.

A Figura 9 mostra um exemplo de descritor para os custos de manutenção mensal de um veículo. Vale ressaltar que todos os cinco níveis colocados são tidos como aceitáveis e factíveis, mesmo o nível abaixo do "neutro" e o acima do "bom".

O próximo passo é determinar a função de valor do PVF, que é um instrumento para auxiliar os decisores a expressar, de forma numérica, as suas preferências. Desta forma, pode-se afirmar que as funções de valor também auxiliam a avaliação das ações potenciais, uma vez que determinam a diferença de atratividade entre elas. Um dos métodos mais usados para a determinação das funções de valor é o da pontuação direta. Esse método consiste em atribuir o valor 0 (zero) ao pior nível (ou de menor preferência) e o valor 100 (cem) ao melhor nível (maior preferência). A partir dessa parametrização, os valores intermediários são definidos pelo decisor ou decisores, levando em consideração a atratividade em relação a essas âncoras.

Após essa definição da função de valor original, determina-se a função de valor transformada, que consiste em fixar os valores de 0 (zero) ao nível arbitrado como "neutro" e o valor 100 (cem) ao nível "bom". Os outros níveis são recalculados por meio de uma transformação linear, conforme ilustra a Figura 10.

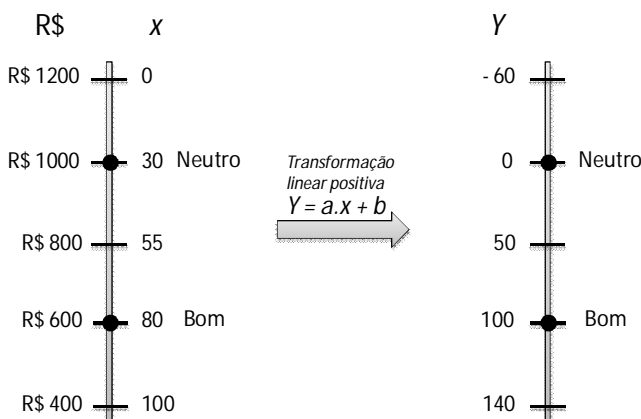


Figura 10: Exemplo de transformação de escala para o critério *manutenção do veículo*⁵.
 Fonte: adaptado de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

Criados os descritores e as funções de valor, tem-se os critérios de avaliação dos pontos de vista. São esses critérios que permitirão a mensuração do desempenho das ações potenciais de forma local. Para avaliar as ações de maneira global, ou seja, comparando os critérios entre si, é necessário determinar a taxa de substituição de cada critério. Em outros termos, a taxa de substituição, popularmente conhecida como “peso”, permite agregar informações locais de modo a obter uma avaliação global, viabilizando assim uma melhor comparação entre as ações.

Um dos métodos mais usados para determinar as taxas de substituição dos critérios é o *Swing Weights*. Esse método mede e compara saltos de performance. Para calcular as taxas, cria-se uma ação fictícia que possua desempenho “neutro” em todos os critérios. Os decisores devem escolher um critério de preferência, tido como o mais importante, no qual o desempenho dessa ação fictícia melhora para o nível de impacto “bom”. Para esse salto de performance é atribuído o valor 100 (cem). Nos critérios que sobram, é feita a mesma dinâmica, e também são atribuídos valores a esses saltos, proporcionais ao primeiro salto. A divisão do valor do salto de um critério pela soma de todos os saltos fornece a taxa de substituição do critério. Esse processo deve ser

⁵ Para obter a equação linear da Figura 10, seus parâmetros são determinados pela resolução de um sistema de equações com duas equações e duas incógnitas (a e b): $0 = a.30 + b$ e $100 = a.80 + b$. A equação encontrada é: $Y = 2.x - 60$.

feito em cada nó da árvore de valores, na direção baixo \Rightarrow cima da mesma.

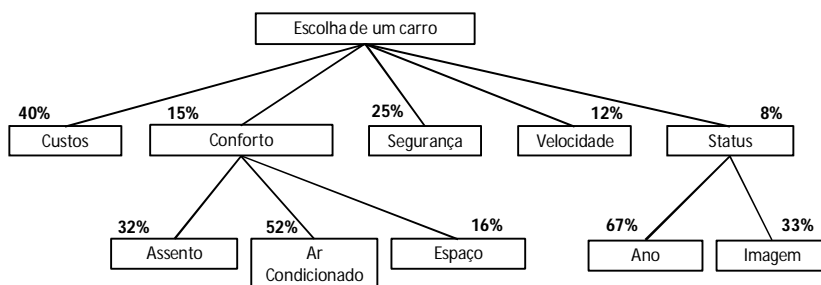


Figura 11: Exemplo de árvore de decisão com as taxas de substituição.

Fonte: adaptado de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

A Figura 11 ilustra um exemplo de uma árvore de decisão quanto à escolha de um carro, seus eixos de decisão e suas respectivas taxas de substituição. Nota-se que a soma das taxas de substituição referentes a um nó na árvore é sempre igual a 1 ou 100%.

2.3.1.4 Avaliação das ações potenciais

Após a estruturação do modelo de avaliação, a quarta etapa da metodologia multicritério de apoio à decisão é a de avaliação da performance das ações. Além de avaliar a performance das alternativas, essa etapa é fundamental para gerar novas e melhores ações potenciais. A avaliação é realizada principalmente por meio da utilização da fórmula de agregação aditiva, que viabiliza uma avaliação global das ações. Entretanto avaliações locais também podem fornecer importantes conhecimentos sobre o problema.

Desta maneira, a análise pode iniciar pela avaliação local, que é a avaliação das ações em um critério. Gráficos de análise podem ser construídos com o intuito de traçar uma faixa do nível “neutro” ao “bom” e verificar quais ações possuem desempenho acima ou abaixo das expectativas naquele critério. As análises gráficas sempre fornecem maior clareza e lucidez quanto às informações do contexto decisório, contribuindo assim para um maior conhecimento do problema.

Além das análises locais, a fórmula de agregação aditiva traz uma visão global das ações potenciais do problema. Essa fórmula calcula o desempenho global de cada ação por meio da média ponderada dos desempenhos locais, onde as taxas de substituição são os pesos. Esse cálculo deve ser realizado de baixo para cima em cada nó da árvore.

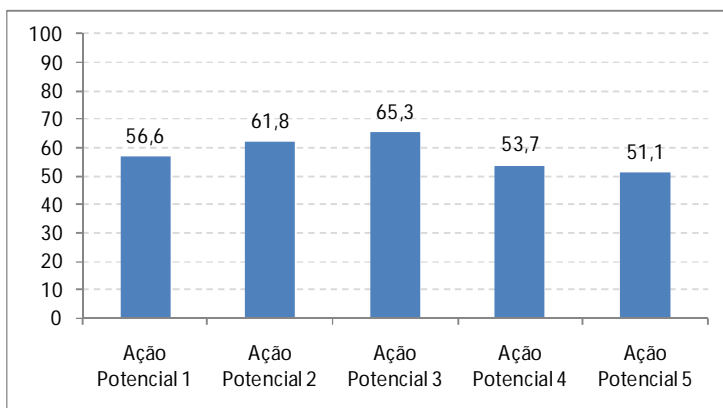


Figura 12: Gráfico da avaliação global das ações potenciais.

Fonte: adaptado de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

A Figura 12 ilustra um exemplo de uma representação gráfica da avaliação global de cinco ações potenciais de um dado problema. Outras análises também podem ser feitas, como um confronto entre os custos e benefícios das ações, por exemplo. Vale ressaltar que a metodologia de apoio à decisão não visa traçar ao final do processo uma solução ótima para o problema, e sim fornecer subsídios para orientar a decisão e prover maior conhecimento no tema. Desta forma, essa avaliação global não deve ser interpretada como fornecedora da melhor solução. Essa afirmação também se deve ao fato que o modelo é uma representação da realidade e, por se tratar de um processo evolutivo, pode e deve sofrer melhorias e novas análises que, por sua vez, podem fornecer novos conhecimentos e resultados.

Outra ressalva que deve ser feita é em relação a conflitos entre os resultados analíticos e os resultados intuitivos. A ocorrência desses conflitos se deve, geralmente, a alguns fatores como: problema muito grande e complexo; algum critério relevante não está presente no modelo criado; dependência entre dois critérios do modelo; ou ainda, algum parâmetro do modelo está incorreto. Todas essas questões devem ser consideradas e, caso seja necessário, realizam-se melhorias no modelo.

Outra análise de grande importância para a decisão multicriterial é a análise de sensibilidade do modelo. Essa análise avalia a robustez do mesmo frente a alterações em seus parâmetros, fornecendo, assim, maiores subsídios para as recomendações a serem dadas.

Um dos parâmetros do modelo que mais pode influenciar o resultado final da avaliação é a taxa de substituição dos critérios. Por isso, a análise de sensibilidade, em geral, é focada na alteração desse parâmetro. Assim, caso haja a necessidade de alteração de alguma taxa de substituição, as demais taxas daquele mesmo nível devem ser recalculadas para que ao final resultem na soma de 100% novamente. A fórmula para recalcular as novas taxas de substituição é:

$$w_a' = \frac{w_a \cdot (1-w_b')}{(1-w_b)} \quad (1)$$

Onde:

w_b = taxa de substituição original do critério b .

w_b' = taxa de substituição modificada do critério b .

w_a = taxa de substituição original do critério a .

w_a' = taxa de substituição recalculada do critério a .

Portanto, o valor global de cada ação deve ser recalculado e as análises e adaptações no modelo devem ser refeitas, caso seja necessário, o que pode gerar um processo cíclico de melhorias. Desta forma, afirma-se que durante o processo decisório – que envolve a criação, estruturação e análise de um modelo multicritério – são gerados conhecimentos que ao final se convertem em recomendações para a questão estudada. Por isso, essa metodologia não busca trazer uma resposta única e direta a um problema, mas sim trazer mais conhecimento sobre tal e, à medida que esses conhecimentos são gerados, o modelo se comporta de forma evolutiva, dinâmica e contínua.

2.4 REMANUFATURA DE BENS DE CONSUMO DURÁVEIS

Conforme já abordado, a remanufatura é uma prática que vem ganhando importância nas últimas décadas devido a seus inúmeros benefícios e oportunidades. Seus resultados reduzem os impactos ambientais e proveem uma “imagem verde” à organização que realiza essa recuperação de valor dos produtos.

Nesse contexto, a remanufatura está crescendo em popularidade por uma variedade de motivos econômicos (novos produtos com menores custos, utilização do valor agregado que resta no produto, contratos de manutenção do ciclo de vida), ambientais (menos dejetos nos aterros, menor demanda de energia) e sociais (mais empregos, menos dependência em matérias-primas raras) (KUCNER, 2008).

Por isso, esse item destina-se a abordar a remanufatura em termos de definições, histórico, etapas do processo e particularidades.

2.4.1 O histórico e o ambiente de recuperação de produtos

Depois da segunda guerra mundial, a escassez de material, especialmente nas indústrias automotivas, forçou as empresas a recuperar componentes ao invés de produzir novos (MÄHL; ÖSTLIN, 2007). Esse cenário impulsionou a indústria da recuperação de produtos, reaproveitando materiais, componentes, peças, módulos e produtos como um todo. Desde então, ao longo das últimas décadas, o conceito de remanufatura transpassou o ambiente de automóveis, atingindo outros setores como aparelhos elétricos, cartuchos de *toner* e eletrodomésticos (SUNDIN, 2006). Assim, pode-se afirmar que a recuperação de produtos tem estado presente nos últimos 60 anos, provendo significativos benefícios econômicos, sociais e ambientais (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

Os produtos remanufaturáveis podem ser divididos em quatro categorias gerais: automotiva, equipamentos industriais, produtos comerciais e produtos para residências (PARKINSON; THOMPSON, 2003); sendo os mais apropriados para a remanufatura: peças de motores de veículos, móveis de escritório, aparelhos eletrônicos, máquinas e fotocopiadoras (MÄHL; ÖSTLIN, 2007).

Um sistema de recuperação de materiais, também referido como um ambiente de recuperação de produtos, inclui estratégias para aumentar a vida útil do produto, que consiste em: reparo, remanufatura, e por fim na reciclagem de produtos. O sistema de manufatura de recuperação é a parte mais significativa do ambiente de recuperação de produtos, englobando o reparo das partes e componentes e a remanufatura do produto (GUIDE Jr; JAYARAMAN; SRIVASTAVA, 1999), conforme ilustra a Figura 13.

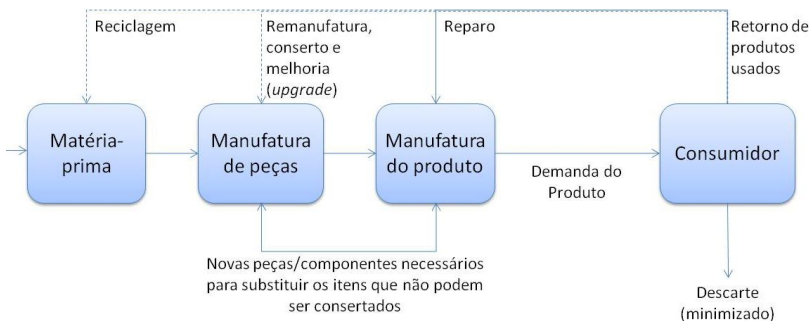


Figura 13: Sistema de manufatura de recuperação no ambiente de recuperação de produtos.

Fonte: Adaptado de Guide Jr, Jayaraman e Srivastava (1999).

Nesse sistema, a remanufatura difere das operações de reparo, visto que os produtos são desmontados completamente e todas as peças são retornadas à condição de novas, o que pode incluir operações na aparência do produto (DANIEL; GUIDE JR., 2000), como, por exemplo, polir ou trocar a carcaça arranhada de um item.

2.4.2 Definição de remanufatura

Não há um consenso na academia e no meio industrial sobre a mais correta terminologia para tratar da recuperação de produtos (LINDAHL et al., 2005). A literatura é diversa, com visões, definições e descrições de “remanufatura” amplamente diferentes (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

Como já abordado anteriormente, os produtos podem ser recuperados em diversas formas e níveis. Em um nível inferior de recuperação, o material do produto é reaproveitado, caracterizando a reciclagem. Já em um nível mais alto de recuperação de produtos, os módulos são reutilizados, o que caracteriza a remanufatura (LINDAHL et al., 2005).

Portanto, a remanufatura pode ser definida como um processo industrial em que produtos usados, chamados de *core*⁶, são retornados às suas especificações e condições originais (AMEZQUITA; BRAS, 1996; GUIDE Jr.; SOUZA; VAN DER LAAN, 2005; IJOMAH et al., 2007) por meio do conserto ou substituição de suas peças ou componentes (IJOMAH; CHILDE, 2007). Isto é, a remanufatura transforma produtos usados ou com defeito em produtos novos com um novo ciclo de vida útil (ÖSTLIN; SUNDIN; BJÖRKMAN, 2009).

Pode-se afirmar, desse modo, que o objetivo da remanufatura é reprocessar produtos usados de forma que a qualidade desses seja tão boa ou superior a dos novos, em termos de aparência, confiabilidade e desempenho (PARKINSON; THOMPSON, 2004).

E ainda, um produto remanufaturado é, em geral, um termo usado para descrever um produto descartado/quebrado/usado que foi recuperado às suas especificações originais ou foi modernizado e melhorado com novas especificações. Então, a remanufatura não promove somente o reuso de materiais, mas também permite uma melhoria significativa na qualidade e funcionalidade do produto, e faz

⁶ *Core* é um termo usado na indústria de remanufatura para denotar o principal componente - ou componentes - de um produto que retém e encapsula o valor do mesmo (PARKINSON; THOMPSON, 2003), ou seja, é a parte central da geometria do produto (KUCNER, 2008).

isso sem ter que manufaturar completamente produtos novos e peças de usados (SUNDIN, 2004).

Outra abordagem que define a remanufatura é aquela que faz uma analogia à teoria de projeto de produto. De acordo com essa teoria, as empresas de manufatura se esforçam para suprir as necessidades dos usuários produzindo artefatos com as funções desejadas. Isso implica que o produto pode ser visto como um provedor de funções. Desse modo, a partir desse conceito, ao invés de se objetivar a recuperação de produtos, componentes ou materiais, o foco do processo de remanufatura é posto na recuperação das funções do produto, a fim de satisfazer as necessidades de seus consumidores (LINDAHL et al., 2005). Portanto, pode-se dizer que a remanufatura é provedora e recuperadora de funções primárias ou secundárias do produto.

Ijomah et al. (2007) afirmam que em termos de conteúdo de trabalho, garantia e qualidade, o reparo está em um nível abaixo da remanufatura. Ainda entre essas duas formas de recuperação encontra-se o recondicionamento, que recupera o produto da mesma forma que a remanufatura, porém sem o compromisso de deixá-lo em “estado de novo” (Figura 14).

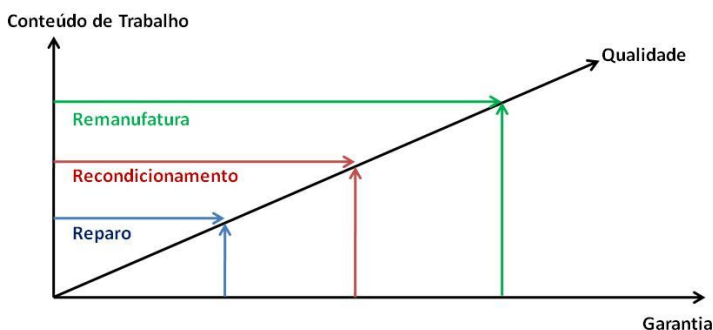


Figura 14: Hierarquia dos processos de produção secundários.

Fonte: Ijomah et al. (2007).

A Figura 14 mostra, portanto, essas três operações em uma hierarquia baseada no conteúdo de trabalho que cada uma necessita, no desempenho que deveria ser alcançado pelo produto e na garantia normalmente atribuída em cada operação (IJOMAH et al., 2007). Essa definição de remanufatura e recondicionamento não é a adotada para o presente trabalho, e sim a definição de que o recondicionamento é o processo de recuperação de peças e componentes – e não de produtos como um todo – conforme define Parkinson e Thompson (2003) em seu

artigo sobre análise e taxonomia da prática das indústrias de remanufatura.

No âmbito desse trabalho, o termo “remanufatura” é utilizado para descrever a recuperação de produtos, pois, em qualquer situação, está se tornando uma terminologia genérica para esse processo de recuperação de produtos (LUND apud LINDAHL et al., 2005). Mais especificamente, para essa dissertação, a seguinte definição de remanufatura é adotada:

Remanufaturar é recuperar um produto descartado/quebrado/usado às suas especificações originais através de um processamento industrial, podendo ou não modernizá-lo com novas especificações, promovendo o reuso de materiais e melhorando sua qualidade e funcionalidade.

Desta forma, para tratar da recuperação de peças e componentes, o termo utilizado nesse trabalho é “recondicionamento”. Esta e outras definições utilizadas ao longo dessa dissertação encontram-se no Léxico localizado na parte pré-textual da mesma.

2.4.3 Fases da remanufatura

Esta seção descreve as etapas de uma remanufatura de maneira geral, pois podem existir pequenas variações no processo da remanufatura de uma empresa para outra, de acordo com seus produtos e o tipo de remanufatura adotada.

O sistema de remanufatura é composto por três subsistemas altamente dependentes: uma área de desmontagem, uma área de processamento e uma área de remontagem (GUIDE Jr; JAYARAMAN; SRIVASTAVA, 1999).

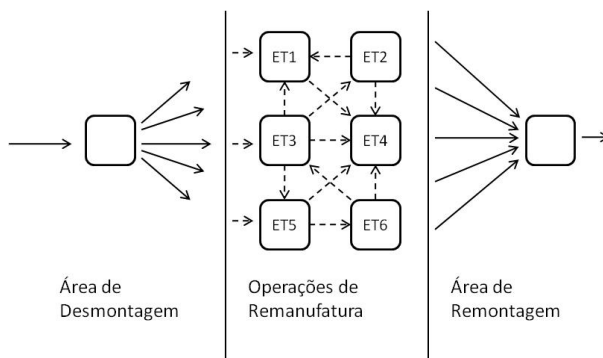


Figura 15: Subsistemas da remanufatura.

Fonte: Adaptado de GUIDE (1999).

Esses três subsistemas ilustrados pela Figura 15 são abastecidos na área de desmontagem, onde os produtos com defeitos ou usados chegam, e a partir dessa área seguem rotas diferentes de remanufatura, passando pelas estações de trabalho da remanufatura (ET_i) de acordo com o modelo do produto, tipo de defeito e nível de desgaste. Por fim, os produtos são direcionados à área de remontagem, onde são montados novamente, por vezes com novas peças, dependendo da necessidade.

Em seu artigo que avaliou o estado da arte da tecnologia em remanufatura, Nasr et al. (1998 apud GUIDE Jr; JAYARAMAN; SRIVASTAVA, 1999) afirmam que a maioria das estações de trabalho desse ambiente utilizam equipamentos pouco automatizados. A maior parte (85%) das empresas de remanufatura usa equipamentos manuais convencionais para processar os materiais. Menos de 25% utiliza máquinas controladas por computador, e uma porcentagem muito pequena – em torno de 6% – usa o *layout* celular para a remanufatura.



Figura 16: Etapas da remanufatura.

O processo de remanufatura, em geral, é dividido nas seguintes operações: desmontagem, limpeza, inspeção e triagem, substituição ou reparo de componentes (recondicionamento), remontagem e teste (PARKINSON; THOMPSON, 2003; SUNDIN, 2004), conforme ilustrado pela Figura 16. Essas operações podem ser colocadas em ordens diferentes ou mesmo excluídas, dependendo do tipo de produto, volume, qualidade do item retornado e objetivo da remanufatura. Ou seja, indústrias diferentes optam por executar essas operações em diferentes sequências (SUNDIN, 2004). Esses passos estão descritos em maior detalhe nas subseções seguintes.

2.4.3.1 Desmontagem

A desmontagem é o primeiro passo em qualquer processo de recuperação de material, depois que o produto foi retornado pelo consumidor final. O processo de desmontagem provê as entradas para outras decisões, incluindo a quantidade de materiais a serem consertados, necessidades de compra de material para substituir os danificados, necessidades de descarte e liberação de peças para a remanufatura ou reparo, segundo Guide Jr, Jayaraman e Srivastava

(1999). Entretanto, apesar da afirmação destes autores, nem sempre a desmontagem é a primeira fase da remanufatura, pois em alguns casos, pode haver uma triagem inicial e classificação dos produtos.

O ideal é que a operação de desmontagem na remanufatura não seja destrutiva. Os equipamentos de desmontagem incluem ferramentas com alimentação elétrica ou pneumática e ferramentas gerais de fábrica, especialmente martelos, marretas, mandril, chave inglesa, prensas, fixadores e brocas (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

Nessa operação, deve ser considerada a explosão de materiais que ocorre, pois um item é desmembrado em várias partes. Essa liberação de peças das operações de desmontagem sem controle pode gerar longas filas, e grandes ondas de material sendo empurradas para a remanufatura. Esses fatores podem aumentar o *lead time* da remanufatura (GUIDE Jr; JAYARAMAN; SRIVASTAVA, 1999).

Outro problema das operações de desmontagem consiste no tempo requerido para desmontar, que pode variar intensamente de um produto para outro. Essa variação pode ser em função das condições em que o item retornado se encontra, como também do fato de o produto ter sido ou não projetado para a desmontagem. Essa variação entre os tempos requeridos pode impactar significativamente os *lead times* totais da remanufatura e fazer com que as previsões fiquem comprometidas (GUIDE Jr; JAYARAMAN; SRIVASTAVA, 1999).

2.4.3.2 Limpeza

Com a exceção de componentes que são sempre descartados, a exemplo os itens de baixo custo, todos os componentes devem ser minuciosamente limpos (IJOMAH; BENNETT; PEARCE, 1999).

Uma limpeza efetiva requer que toda contaminação seja removida e isso envolve desengordurar, desenferrujar e remover a película de superfície como tinta, por exemplo. Existem muitos métodos para limpar: com gasolina, jato de água quente, jato de vapor, *spray* de detergente químico ou banhos químicos purificadores, câmaras ultrassônicas de limpeza, jato de areia, escovação de aço e fornos (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

Quanto maior o período de uso do produto, em geral, maior será a necessidade de limpeza das partes do mesmo na sua remanufatura.

2.4.3.3 Inspeção e triagem

A inspeção é um estágio importante que procura avaliar a “reusabilidade” de uma peça e sua possibilidade de ser recondicionada

(PARKINSON; THOMPSON, 2003). Portanto, é nessa etapa que ocorre o descarte de peças e componentes que não poderão ser reaproveitados.

Em seguida, os componentes e peças reaproveitáveis são separados de acordo com suas condições e necessidades de reparo (CLEGG; WILLIAMS; UZSOY, 1995). A primeira etapa da triagem, portanto, é estabelecer critérios para determinar a condição do componente. Uma vez esses critérios estabelecidos, uma forma efetiva de avaliá-los deve ser desenvolvida. Desta forma, os componentes e peças agrupados são direcionados para os próximos processamentos. Ações de projeto devem considerar esse processo, pois auxiliam os operadores a diferenciar as peças similares entre si com maior facilidade (PARKINSON; THOMPSON, 2003). Essa triagem e grupamento dos materiais é de suma importância pois os coloca em categorias de qualidade, o que viabiliza uma remanufatura mais eficiente, com menores *lead times*, a partir dessa etapa.

Nessa operação, a inspeção visual é uma técnica amplamente usada, juntamente com técnicas de teste não destrutivo como tinta penetrante, partículas magnéticas e métodos ultrassônicos (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

2.4.3.4 Recondicionamento

O recondicionamento, ou recuperação de componentes e peças, consiste na soma total de tratamento requerido para trazer as peças à especificação atual. Isso pode incluir tratamento de superfície, reparo mecânico ou elétrico. As peças reconstruídas são etiquetadas e colocadas nas prateleiras do estoque. Geralmente, o relatório de estoque não diferencia peças reconstruídas de peças novas, pois elas são consideradas iguais em termos de qualidade (IJOMAH; BENNETT; PEARCE, 1999). Entretanto, deve-se manter, por meio da etiquetagem, um registro dessas peças remanufaturadas para posterior rastreamento de produtos que levam essas peças.

O recondicionamento pode incluir deposição de material, tratamento térmico, soldagem, revestimento em pó, pinturas em *spray* e cromadas (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

2.4.3.5 Remontagem

Em geral a remontagem é feita em linhas de montagem de pequenos lotes, usando as mesmas ferramentas de força e fixação que foram empregadas para a montagem do produto novo. Como o giro de produção na remanufatura é menor, é muito difícil justificar o uso de

automação, já que o custo não pode ser amortizado em vários produtos (PARKINSON; THOMPSON, 2003).

No caso de uma remanufatura disjuntiva – na qual as peças são recuperadas e reaproveitadas em produtos novos - em uma indústria com área de remanufatura anexada, a etapa de remontagem pode ocorrer na área de fabricação dos produtos novos e não fazer parte das atividades da remanufatura.

2.4.3.6 Teste

O teste é similar ao usado na manufatura de produtos, em termos de medidas e métodos de controle da qualidade (IJOMAH; BENNETT; PEARCE, 1999). Entretanto, as remanufaturas normalmente usam teste de 100% de abrangência, o que pode ser maior do que na manufatura de novos produtos, onde normalmente se faz teste por amostragem (PARKINSON; THOMPSON, 2003). Por isso, afirma-se que o teste da remanufatura é muito mais rigoroso (IJOMAH; BENNETT; PEARCE, 1999).

2.4.3.7 Exemplo de operações de remanufatura

Um exemplo de processo de remanufatura é o caso da Xerox, que ocorre da seguinte forma (CLEGG; WILLIAMS; UZSOY, 1995):

- Chegada: o produto retornado é checado e a embalagem é removida;
- Desmontagem: o produto é desmontado a fim de obter componentes individuais e módulos;
- Triagem: os componentes e peças são separados de acordo com suas condições e necessidades;
- Limpeza e reparo: as peças e componentes são limpos e reparados o quanto necessário para torná-los usáveis em novos produtos;
- Montagem: As partes e componentes obtidos são montados em novos produtos.

Esse exemplo caracteriza uma remanufatura disjuntiva, onde há um condicionamento de peças/componentes e módulos para serem usados em produtos novos. Ainda alguns autores (SUNDIN, 2004; ÖSTLIN; EKHOLM, 2007) consideram uma inspeção e triagem inicial antes da desmontagem, que objetiva separar os produtos em diferentes categorias de remanufatura logo no início, em termos de qualidade e modelo, o que impactaria na rota e tempo de remanufatura. Entretanto,

essa prática pode não ser adequada para alguns produtos pois, em muitos casos, é possível determinar a condição do bem para a remanufatura somente após abri-lo.

2.4.4 Particularidades da remanufatura

Apesar da remanufatura se caracterizar como um processo produtivo, ela possui particularidades que a diferenciam da manufatura comum. Comparado à manufatura tradicional, o ambiente da remanufatura é mais complexo devido ao alto grau de incerteza no processo produtivo, principalmente causado por dois fatores: a quantidade e a qualidade dos itens retornados (MÄHL; ÖSTLIN, 2007).

Guide (2000) afirma haver sete particularidades na remanufatura, cunhadas por ele de “características complicadoras”, as quais estão descritas nos tópicos seguintes.

2.4.4.1 Incertezas relacionadas ao tempo e à quantidade de retorno de produtos

Na remanufatura, o tempo e a quantidade de retorno de itens são incertos. Isto é, em geral, um reflexo da natureza incerta da vida do produto. Um número de fatores como estágio de ciclo de vida (introdução, crescimento, maturidade, declínio) e taxa de mudança de tecnologia influenciam a taxa de retorno (GUIDE Jr, 2000). Essa dificuldade introduz a necessidade de realizar previsões quanto à quantidade de produtos que retornam e quanto ao momento do regresso, exigindo ao mesmo tempo atividades de logística reversa (LAGE Jr, 2008). Portanto, essa característica dificulta a programação da remanufatura e seu planejamento de materiais.

Uma medida que pode auxiliar na previsão do tempo e quantidade de retorno de produtos é a taxa de falha do produto durante sua vida útil, como apresentado na “curva da banheira” da Figura 3, que ilustra a taxa de problemas para o início, meio e final de vida útil. Conhecer o comportamento dessa curva de falhas, em associação aos volumes de venda desse produto, auxilia a realização de previsões de retorno.

2.4.4.2 Balanceamento da demanda com o retorno

O problema de balancear a demanda com o *mix* e o volume de produtos retornados é outra característica que aumenta a complexidade da remanufatura, principalmente no que tange ao controle dos estoques.

O principal objetivo de se balancear o retorno com a demanda por peças/produtos novos é de reduzir os estoques. O retorno de produtos é uma função da expectativa de vida do produto e da taxa de inovação tecnológica, impactando no planejamento de recursos e gerenciamento de materiais (GUIDE Jr, 2000).

No caso de uma remanufatura anexada a uma manufatura, uma possibilidade é realizar, caso seja mais vantajoso, a remanufatura disjuntiva, que conserta e reaproveita peças e componentes do produto usado. Essa preocupação de balanceamento de demanda e retorno pode ser reduzida pois o foco dessa remanufatura é recuperar peças e componentes que servirão à produção de produtos novos, que, em geral, possuem demanda muito superior ao retorno de produtos.

2.4.4.3 Desmontagem

Após a triagem inicial, a desmontagem é o primeiro passo do processo de remanufatura, conforme já abordado anteriormente. Em geral, esse processo varia muito no que diz respeito ao tempo requerido. Essa incerteza faz com que estimar os tempos de fluxo seja difícil e fixar *lead times* precisos uma tarefa quase impossível (GUIDE Jr, 2000).

Essa particularidade torna-se ainda mais importante quando se trata de produtos que não foram projetados para a desmontagem, o que ocorre na maioria dos casos (LAGE Jr, 2008). Lund (apud BRAS; MCINTOSH, 1999) afirma que, exceto quando a empresa de manufatura realiza a remanufatura, há pouco incentivo para projetar produtos visando as operações de recuperação, como, por exemplo, a desmontagem.

É importante ainda destacar que a desmontagem não é a operação inversa da montagem, o que geralmente dificulta as atividades dessa etapa. E ainda, caso o projeto do produto não tenha considerado a desmontagem, as peças podem sofrer danos durante o processo.

2.4.4.4 Diferenças na qualidade das peças retornadas

As diferentes condições nas quais os produtos chegam para a remanufatura são impactadas por uma série de fatores, incluindo a idade, ambiente, uso e manutenção do item (KUCNER, 2008). Isso gera para a fábrica uma incerteza na quantidade de peças e materiais a serem consertados, que é um reflexo do fato que dois produtos aparentemente iguais podem requerer consertos completamente diferentes. Essa particularidade dificulta a previsão de compra de materiais e dimensionamento de estoque de peças e componentes. As maneiras mais comuns de calcular o tamanho de lote são com base em preço, padrões

de consumo históricos e estatísticos e nível de serviço (GUIDE Jr, 2000).

Portanto, de forma diferente da manufatura, onde as condições das peças recebidas de fornecedores são conhecidas (taxa de defeito), na remanufatura a taxa de peças passíveis de reaproveitamento é incerta e essa informação é obtida somente após a desmontagem.

Para o caso de remanufatura de produtos que sofreram “mortalidade infantil”, essa diferença de qualidade entre os produtos retornados não é tão intensa pois o padrão dos bens é de “seminovos”, uma vez que foram usados por pouco tempo.

2.4.4.5 Logística reversa

A rede de logística reversa é caracterizada pela coleta dos produtos do consumidor final e retorno desses para a fábrica de remanufatura, reparo ou reciclagem. Essa rede de coleta é uma função chave para o balanceamento do retorno. Esse processo é muito complexo por si só, pois envolve uma gama de decisões como o número e locais de centros de coleta, incentivos para retorno de produtos, métodos de transporte, provedores terceirizados, entre outras (GUIDE Jr, 2000).

2.4.4.6 Restrições de materiais equivalentes

Essa característica ocorre principalmente quando o consumidor retém a propriedade do produto ao retorná-lo para conserto e quer a mesma unidade remanufaturada de volta. Assim, ao retornarem para a remanufatura, esses produtos devem ser remontados com a mesma combinação de peças anterior. Isso exige um controle do fluxo de peças extremamente rigoroso e preciso (LAGE Jr, 2008).

Além disso, há também a restrição de peças equivalentes disponíveis para substituição das partes defeituosas, um problema que pode ser mais significativo nos casos de remanufatura de produtos em final de vida útil, com peças/componentes já em desuso pela empresa.

As restrições de equivalência dos componentes a serem substituídos complicam o gerenciamento de materiais e o processo de produção. Essa particularidade também influencia o sistema de informação e a programação para poder rastrear o item (GUIDE Jr, 2000). Compartilhar o almoxarifado com a manufatura, no caso de uma remanufatura integrada a uma fábrica, é uma solução para amortecer o problema de abastecimento de peças.

2.4.4.7 Incerteza de rota e de tempo de processamento

As diferentes condições dos itens retornados têm como consequência as incertezas de rota e tempo de processamento, o que dificulta o planejamento dos recursos, a programação, o controle do chão de fábrica da remanufatura e o gerenciamento dos materiais. Esses esforços tornam-se, portanto, mais complexos na recuperação de produtos do que na manufatura tradicional. Na remanufatura, o estado do produto e o tipo de reparo a ser feito determinam o caminho (processos) a ser percorrido na fábrica, assim como o tempo necessário para tal (GUIDE Jr, 2000). Por exemplo, uma peça com mais de cinco anos de uso provavelmente vai requerer uma limpeza mais morosa que um item seminovo retornado por *troca expressa*.

2.4.4.8 Considerações sobre as particularidades da remanufatura

Dentre todos os problemas atrelados à remanufatura, afirma-se que o maior deles é o resultante da incerteza e variabilidade do ambiente da remanufatura (IJOMAH; BENNETT; PEARCE, 1999). Essa instabilidade do ambiente de recuperação de produtos é consequência de algumas das particularidades da remanufatura supracitadas, especialmente as características “incerteza de tempo e quantidade de retorno” e “diferenças na qualidade das peças retornadas”.

Entretanto, todas as sete particularidades são de suma importância e variam de intensidade no ambiente de recuperação principalmente de acordo com o tipo de produto, seu projeto, velocidade de inovações tecnológicas e objetivo da remanufatura. Por isso, essas “características complicadoras” devem ser consideradas no desenvolvimento de um método para tratar dos bens de consumo duráveis seminovos que retornam de campo.

2.5 APLICAÇÃO DE PRÁTICAS ENXUTAS EM SISTEMAS DE REMANUFATURA

Nesse item são abordados alguns tópicos pertinentes a práticas e conceitos do *lean manufacturing* (manufatura enxuta), assim como sua adaptação ao ambiente da remanufatura. Desta forma, inicialmente alguns conceitos da Manufatura Enxuta são colocados de forma sucinta e, posteriormente, algumas orientações *lean* para a remanufatura são apresentadas.

2.5.1 Manufatura enxuta

A manufatura enxuta surgiu no Japão na década de 1950, na Toyota Motor Company, como consequência das dificuldades advindas no pós-guerra. Diante de condições adversas, a Toyota iniciou uma completa reestruturação da sua forma de produzir automóveis, o que culminaria mais tarde nessa nova filosofia de manufatura (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Na década de 1980, diversas empresas japonesas chamaram atenção mundialmente, quando ficou claro que algo de especial havia na sua qualidade e na sua eficiência. Posteriormente, nos anos 1990, ficou evidente que havia algo ainda mais especial em relação à Toyota. Era a forma com que essa empresa concebia e fabricava seus veículos, com uma consistência nos processos e produtos (LIKER, 2005). Nessa mesma década, mais precisamente em 1992, o termo “manufatura enxuta” é cunhado pelos autores Womack, Jones e Roos, no livro intitulado: *A Máquina que Mudou o Mundo*.

Também chamado de Sistema Toyota de Produção (STP), seu principal objetivo é produzir cada vez mais, com menos recursos, com foco no cliente. Entretanto, o STP não é um kit de ferramentas enxutas. É um sistema sofisticado de produção no qual todas as partes constituem o todo (LIKER, 2005). Por isso, muitas vezes o modelo da Toyota é dito como um modo de pensar, uma cultura ou uma filosofia.

Para melhor traduzir essa filosofia, Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, este último considerado o “pai” do STP, desenvolveu uma representação em forma de um pórtico (Figura 17).

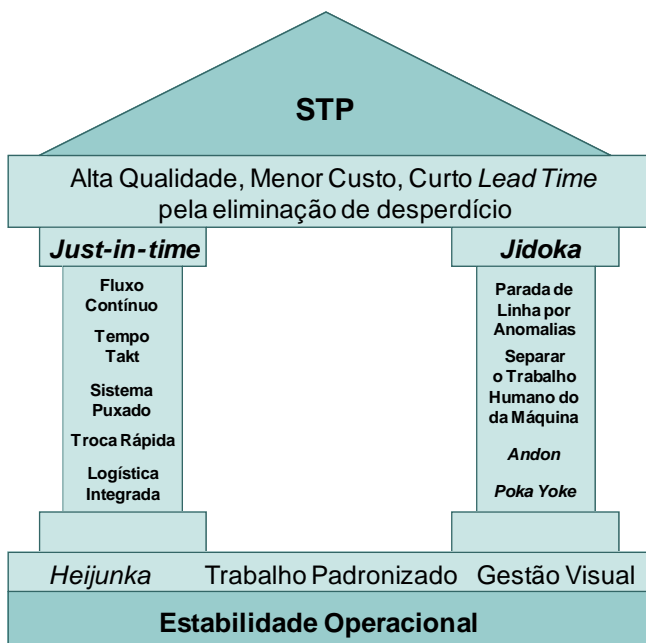


Figura 17: Pórtico do STP.

O pórtico representado na Figura 17 começa no topo com as metas de alta qualidade, menor custo e curto *lead time*, sempre com foco na redução de desperdícios. Duas colunas fundamentais sustentam o sistema: *Jidoka* e o *Just-in-time*. Segundo Liker (2005), o primeiro é traduzido como “autonomação” ou automação com toque humano, que significa nunca deixar que um defeito passe a diante e liberar as pessoas das máquinas. O segundo termo, já bem difundido, consiste em entregar o que é necessário, no momento e na quantidade necessários. Já a base do STP é a Estabilidade Operacional (ou Estabilidade Interna), que contempla o nivelamento da produção (*heijunka*), o trabalho padronizado e a gestão visual, que juntos representam o alicerce da estrutura. Isso significa que, sem uma fundação sólida, o pórtico do STP não se sustenta, isto é, a estabilidade é a base da manufatura enxuta.

Portanto, essa é a disposição da estrutura que sustenta o Sistema Toyota de Produção a fim de satisfazer os clientes e alcançar progressivamente destaque frente aos concorrentes.

2.5.2 *Lean* em sistemas de remanufatura

A eficiência no contexto da remanufatura, de maneira geral, é ainda aquém dos níveis da manufatura tradicional. Mesmo considerando seus benefícios e oportunidades, a remanufatura tem permanecido intocada pela tecnologia, produtividade e avanços da qualidade nos últimos trinta anos (LUND, apud KUCNER, 2008) e por isso é intitulada de “indústria imatura” (KUCNER, 2008). Além disso, em sua pesquisa comparativa entre manufatura e remanufatura, Sundin (2004) concluiu que as indústrias de remanufatura possuem desempenho abaixo da média em relação à manufatura para as questões de fluxo de material.

Apesar das afirmações acima, os princípios da manufatura enxuta podem ser aplicados em ambientes de remanufatura, porém com restrições devidas às particularidades de seu ambiente (SUNDIN, 2006; ÖSTLIN; EKHOLM, 2007; KUCNER, 2008). Assim, nesse tópico é apresentado o modelo de aplicação das práticas enxutas ao ambiente de recuperação de produtos de Kucner (2008), por meio de uma análise em uma matriz que relaciona os ciclos de vida de produto e de processo, desenvolvida por Hayes e Wheelwright (1984).

2.5.2.1 Matriz de Produto-Processo de Hayes e Wheelwright

Os produtos têm vida limitada, que permeia diferentes estágios, cada um deles com desafios, oportunidades e problemas diferentes. Esses estágios formam o ciclo de vida do produto e são intitulados de: introdução, crescimento rápido, turbulência competitiva, maturidade e declínio (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984). Essas mudanças dos estágios possuem impacto nos objetivos estratégicos da empresa, onde especialmente quatro questões são influenciadas: variedade dos produtos, volume de produtos, estrutura industrial e forma de competição. O ciclo de vida de um produto pode ser usado para resumir as necessidades do cliente e do produto que devem ser satisfeitas pela função manufatura e sua tecnologia de produto.

O conceito de ciclo de vida de produto já é amplamente difundido na academia, porém esse conceito é menos conhecido no âmbito de processos. O ciclo de vida de um processo perpassa por quatro estágios principais: início, crescimento rápido, maturidade e declínio ou *commodity*⁷. Essas etapas são marcadas por diferentes características em

⁷ Este termo é utilizado por Hayes e Wheelwright (1984) para a fase final do ciclo de vida do processo para designar um fluxo contínuo de produção em larga escala, mas não se refere especificamente à produção de produtos do tipo *commodities* (mercadorias primárias).

termos de organização de processo, volume de produção, inovação de processo e integração vertical.

Como parte da manufatura clássica, Hayes e Wheelwright integraram esses dois ciclos de vida (produto e processo) em uma só análise cunhada “Matriz Produto-Processo” (MPP), expondo a interação entre os dois ciclos, como ilustra a Figura 18. As linhas da matriz representam os principais estágios através dos quais um processo produtivo tende a passar, e as colunas denotam as fases do ciclo de vida de um produto, desde a grande variedade associada com a introdução inicial (esquerda), até a padronização (extrema direita).

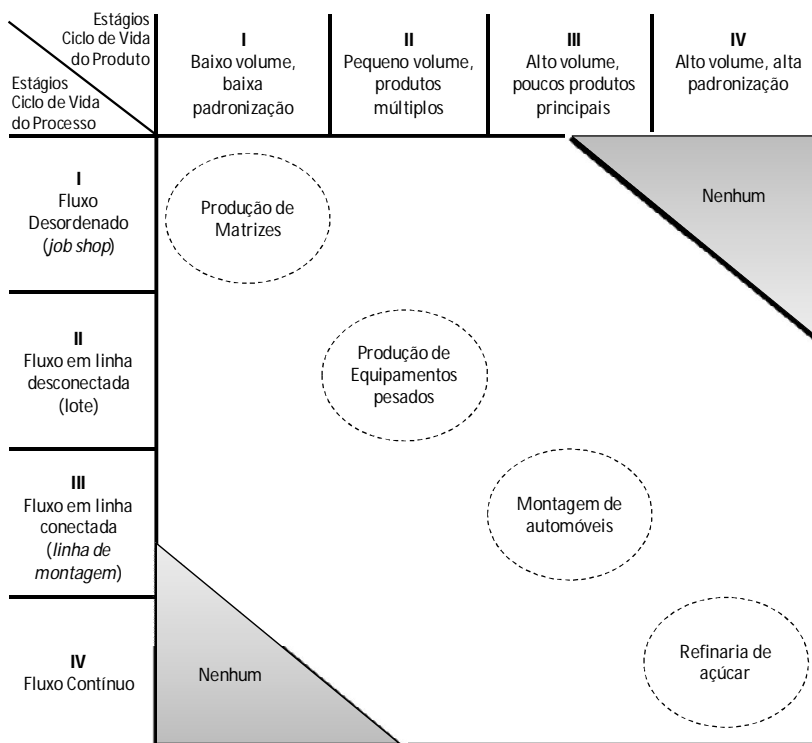


Figura 18: Matriz Produto-Processo.

Fonte: Adaptado de Hayes e Wheelwright (1984).

Para Hayes e Wheelwright (1984), essa matriz identifica o ajuste adequado do projeto organizacional em relação às características de maturidade do produto fabricado, maturidade do processo usado na fabricação, maturidade do mercado e maturidade das tecnologias sendo

usadas. Segundo esses autores, a MPP demonstra que novos produtos no mercado são geralmente fabricados em baixo volume e usam tecnologias características de ambiente “*job shop*”. Já produtos com um pouco mais de maturidade sugerem volumes um pouco maiores, assim como tecnologias de fluxo em linha desconectado (em lotes) ou linhas de montagem com fluxo conectado. Por fim, produtos altamente padronizados e com alto volume requerem um processo com fluxo contínuo de produção.

Entretanto, essa representação de Hayes e Wheelwright pode ser realizada de uma maneira mais real e adequada. Em alguns casos, pode ser mais apropriado realizar a associação dos estágios do ciclo de vida dos processos diretamente com a variedade e o volume de produtos fabricados, pois um novo produto lançado no mercado pode alcançar volumes iniciais de produção que justifiquem um processo de fabricação em lote ou célula. Assim, a dimensão a ser analisada na parte superior da MPP seria a associação do volume e da variedade de produção, conforme alguns autores adotam (GUIDE Jr; JAYARAMAN; LINTON, 2003; JOHANSSON; OLHAGER, 2006; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008), o que é ilustrado pela Figura 19.

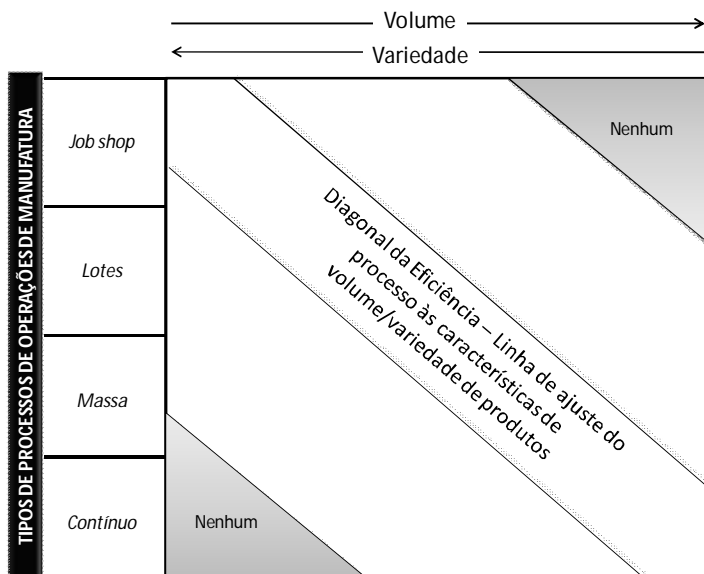


Figura 19: Ajuste do Processo às características de volume/variedade de produtos – MPP.

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2008)

Portanto, na MPP, a tendência é que a estrutura organizacional de uma manufatura se concentre na diagonal que vai do canto superior esquerdo até o canto inferior direito, de forma a adquirir melhor eficiência. Por isso, os cantos superior direito e inferior esquerdo são considerados não econômicos, por representar, respectivamente, uma *commodity* sendo produzida em um *job shop*, e uma manufatura de baixo volume utilizando um processo produtivo contínuo com elevado custo fixo.

2.5.2.2 Modelo de adaptação do *Lean* para a remanufatura de Kucner (2008) por meio da Matriz Produto-Processo

Kucner (2008) desenvolveu um estudo sócio-técnico de aplicação da manufatura enxuta no âmbito da remanufatura. Para isso, utilizou a conceituada Matriz de Produto-Processo criada por Hayes e Wheelwright (1984) para preencher a lacuna entre a teoria da manufatura tradicional e o contexto da remanufatura.

O autor afirma que para entender as similaridades com a manufatura, é necessário primeiramente diferenciar e definir o contexto único da remanufatura. Por isso ele utiliza a MPP de Hayes e Wheelwright (1984) para prover uma base teórica para comparar os métodos da manufatura tradicional, produção enxuta e o contexto da remanufatura.

Ao ser posicionada na MPP, a indústria da remanufatura não se localiza na diagonal da eficiência da manufatura. Isso se deve ao fato de ser considerada uma indústria tecnicamente imatura, ou seja, inexperiente e sem tecnologia consolidada (KUCNER, 2008). Desafios técnicos associados à desmontagem, análise, conserto e remontagem levaram ao que é considerado excesso de confiança em ferramentas manuais, equipamentos de diagnóstico rudimentares, e maquinários genéricos para a indústria da remanufatura (LUND, 1996 apud KUCNER, 2008). Devido principalmente a essas questões, a remanufatura não tem sido capaz de absorver todas as melhorias de produtividade associadas aos avanços tecnológicos.

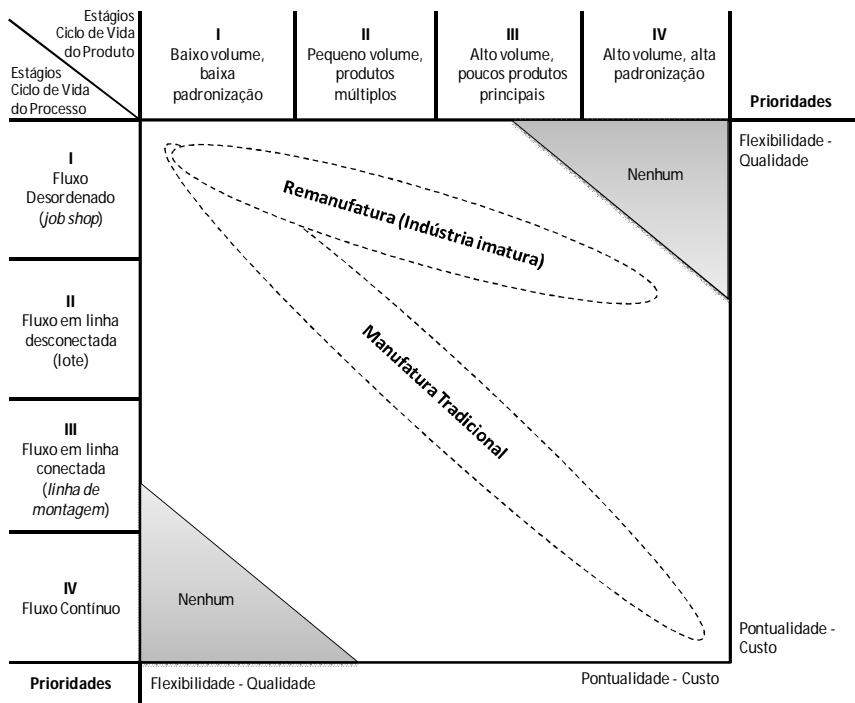


Figura 20: Manufatura e remanufatura na Matriz Produto-Processo.

Fonte: Kucner (2008).

Portanto, a indústria da remanufatura é identificada, geralmente, na MPP acima da diagonal da eficiência, conforme indica a Figura 20. Esse posicionamento sugere que existe uma possibilidade de melhorar a remanufatura por meio de um realinhamento tecnológico e produtivo, equilibrando o *tradeoff* entre eficiência e flexibilidade.

É nesse ponto que surge a manufatura enxuta como elemento facilitador no processo de trazer mais eficiência para a remanufatura. Em comentário de atualização de seu trabalho em 2004, Hayes e Wheelwright, os criadores da MPP, reconheceram que:

Muitas fábricas japonesas apareceram para superar as indústrias americanas em uma série de dimensões competitivas – custo menor, maior qualidade, melhor flexibilidade e lançamentos de produtos mais rápidos – tudo ao mesmo tempo! (2004, apud KUCNER, 2008, p. 41).

Desta forma, o posicionamento de uma produção enxuta na MPP é dado abaixo da manufatura tradicional. Assim, se aplicado a uma manufatura ou remanufatura (levando em consideração seu contexto), o *lean* tende a mudar o processo de produção ao longo da dimensão de maturidade do processo, desenvolvendo flexibilidade e eficiência para criar uma nova fronteira de eficiência operacional (Figura 21). Em outros termos, Kucner (2008) afirma que a aplicação do *lean*, em geral, impulsiona a manufatura ou remanufatura para baixo na MPP.

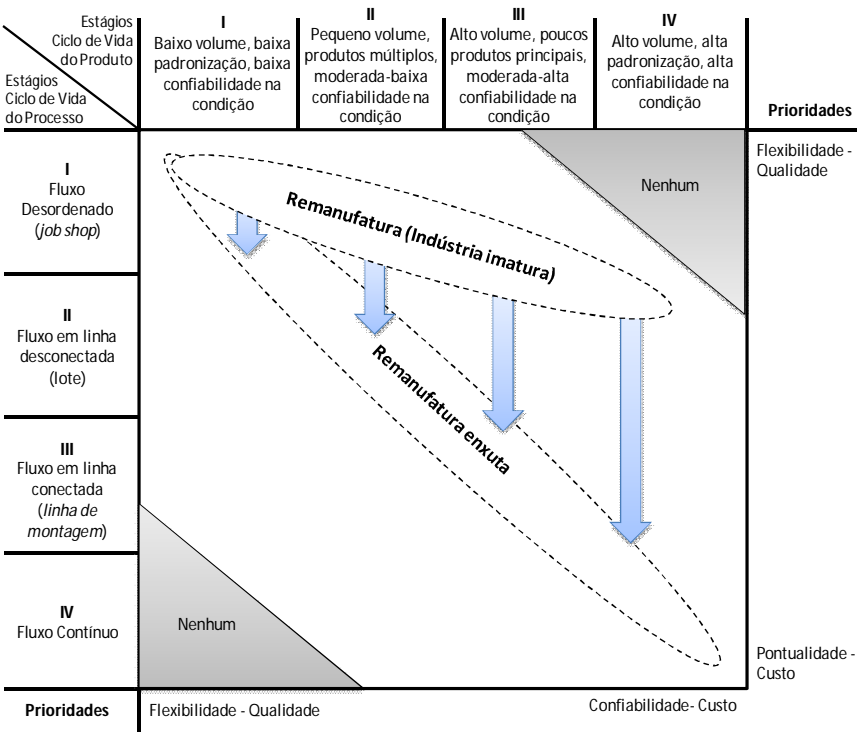


Figura 21: Remanufatura enxuta na Matriz Produto-Processo.
Fonte: Kucner (2008).

Para isso, segundo Kucner (2008), a dimensão de ciclo de vida do produto na MPP (variabilidade de produto) é dominante e, portanto, também é usada para caracterizar a indústria de remanufatura. Assim, o ciclo de vida do produto porta-se como a variável independente, que influencia na variável dependente “ciclo de vida do processo”. A

variabilidade do produto é uma função da demanda (volume de produtos), da padronização (variedade de demanda), e, no contexto da remanufatura, da confiabilidade nas condições do produto retornado (escopo de trabalho da remanufatura).

Nessa caracterização do contexto da remanufatura, Kucner (2008) segmenta a remanufatura em quatro grupos:

- Tipo I: contexto de remanufatura com alta variabilidade de produto;
- Tipo II: contexto de remanufatura com moderada-alta variabilidade de produto;
- Tipo III: contexto de remanufatura com moderada-baixa variabilidade de produto;
- Tipo IV: contexto de remanufatura com baixa variabilidade de produto.

Para cada nível de variabilidade, deve haver uma prescrição diferenciada de aplicação dos métodos do *lean*, que considere os diferentes contextos das remanufaturas.

2.5.2.3 Considerações sobre o modelo de Kucner

De maneira geral, os métodos enxutos têm diferentes efeitos ao serem aplicados em contextos distintos. Em uma remanufatura com alta variabilidade de produto, as ferramentas *lean* têm maior efeito na flexibilidade e na eficiência dos processos, aumentando esses dois objetivos de desempenho com base no paradigma de economia de escopo. Já no contexto de baixa variabilidade, os métodos enxutos melhoram o fluxo de processo e a eficiência por meio de uma maior padronização, baseada no paradigma de economia de escala (KUCNER, 2008).

Outra consideração desse modelo é referente à variabilidade na remanufatura, que é naturalmente inerente como uma função das condições do produto, tais como idade, ambiente, uso e manutenção regular. Por isso, pode-se afirmar que um produto remanufaturado é como um produto regido pela tipologia de produção chamada *engineered-to-order* (ETO)⁸ com diferentes especificações e conteúdo do trabalho único para cada unidade de produção.

⁸ Engenharia sob encomenda, ou seja, projeto feito a partir da demanda do cliente. Nesta alusão para a remanufatura, Kucner (2008) julga que a remanufatura só é definida com a chegada do produto.

Desse modo, afirma-se que não há uma única solução enxuta ótima, são muitas, cada uma adaptada ao contexto da remanufatura (teoria de contingência). A remanufatura necessita de flexibilidade, pois a variabilidade é inerente aos seus processos. A aplicação adequada do *lean* no ambiente de recuperação de produtos gerencia de uma melhor forma o *tradeoff* entre a flexibilidade e a eficiência, transformando a “indústria imatura” em uma remanufatura enxuta.

2.6 COMENTÁRIOS FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 2

Esse capítulo abordou os motivos do retorno de produtos à fábrica. A ocorrência de falhas é variável ao longo da vida útil do produto, seguindo padrões da “curva da banheira”, onde se percebe alta taxa de problemas durante a fase de vida inicial do produto. Assim, os *produtos seminovos retornados* (PSR) foram escolhidos como foco de estudo para esse trabalho.

Uma vez retornados à fábrica, existem alguns cenários possíveis para o destino desses bens. Essa pesquisa levantou cinco principais tratativas: remanufatura tradicional, remanufatura disjuntiva, reembalagem, reciclagem e descarte. Dentre essas opções, a remanufatura é correntemente citada por autores como economicamente sustentável por apresentar muitos benefícios e oportunidades. Entretanto, essa indústria possui particularidades que limitam seu desenvolvimento, sendo um dos seus principais desafios a produção com qualidade a partir de produtos com qualidade desconhecida.

Assim, essa destinação pode não ser a melhor solução para todos os casos e, por isso, outras opções devem ser consideradas. Logo, faz-se necessário um estudo das alternativas de destino que possa lidar com problemas que exigem decisões multicriteriais e priorização, para suportar esse tipo de problema complexo, não-estruturado e influenciado por fatores qualitativos e quantitativos.

O apoio à decisão é uma ferramenta de estruturação de problemas e avaliação de alternativas que pode servir para o problema de PSR, no que tange ao estudo de destinações a esses bens.

Após o estudo e análise de alternativas de destino – caso seja decidido pela remanufatura – algumas práticas enxutas podem ser aplicadas ao instável ambiente de recuperação de produtos. Ainda que alguns autores afirmem que as “características complicadoras” podem limitar as possibilidades de se aplicar os conceitos da produção enxuta (ÖSTLIN; EKHOLM, 2007), a revisão bibliográfica ratificou que, com algumas adaptações, é possível a aplicação das ferramentas e práticas

enxutas em um sistema de manufatura de recuperação. Logo, o sistema de produção enxuta, se usado na recuperação de produtos, pode fortemente melhorá-la, mesmo com as adversidades desse ambiente (AMEZQUITA; BRAS, 1996).

Portanto, no próximo capítulo, está descrita a pesquisa de campo realizada no ambiente de retorno de produtos. Essa pesquisa de campo visa traçar o estado atual de um ambiente de retorno de produtos assim como apresentar as práticas do sistema de remanufatura utilizadas nesse caso específico. Esse levantamento serve como um subsídio prático que, aliado à teoria apresentada, dá origem a um método de estudo e análise das alternativas de destino aos PSR.

3 PESQUISA DE CAMPO

Esse capítulo tem o intuito de apresentar a empresa onde se realizou a pesquisa de campo e a caracterização da metodologia usada dentro da abordagem da metodologia científica, detalhando os procedimentos adotados para assegurar a consistência da presente pesquisa.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Simultaneamente ao avanço da revisão bibliográfica, cujos resultados foram apresentados no Capítulo 2, iniciou-se uma pesquisa de campo por meio de um estudo de caso, visando colher subsídios para a elaboração de um método para avaliar os cenários para os produtos que retornam de campo por falha na etapa inicial de vida. Os instrumentos utilizados na coleta de dados do estudo de caso foram:

- Observação individual e sistemática: iniciou-se com visitas de caráter mais genérico, como ao chão de fábrica. A partir daí, por meio de um roteiro pré-estabelecido no protocolo do estudo de caso (apêndice A), foi dado maior enfoque aos produtos retornados de campo e à remanufatura.
- Entrevista individual informal: utilizada para obter maior esclarecimento sobre os processos administrativos e fabris da remanufatura, assim como sobre a documentação relativa a essa área. Foram entrevistados: a gerente de qualidade, o engenheiro de qualidade, os supervisores das subáreas do pós-venda, a supervisora responsável pela remanufatura, a líder de remanufatura em geral e alguns operadores da remanufatura dos produtos analisados pelo estudo.
- Análise de documentos e registros: procedimentos e dados da área de remanufatura foram coletados e utilizados para um aprofundamento nos processos da remanufatura. Os seguintes documentos e registros emitidos na empresa pesquisada foram utilizados como fonte de dados:
 - Relatório de produção da remanufatura mensal de janeiro a julho de 2009, separados por linha de produto, modelo, e natureza de retorno do item;
 - Relatório de produção da manufatura, com valor da média mensal do ano de 2008;

- Procedimento do processo de pós-venda;
- Procedimento de *troca expressa* de alguns modelos de telefone específicos;
- Fluxograma de tratamento dos produtos que retornam de campo, com detalhamento de cada natureza de retorno, dentre elas a *troca expressa*.

3.1.1 Classificação da pesquisa

Segundo Gil (2007): “a pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos”. E por isso, é relevante classificar o presente trabalho dentro do espectro de pesquisas, conforme abaixo:

- Quanto à base filosófica: Estruturalismo, pois estuda a interação de elementos de um processo, com a preocupação fundamental de descrever o sistema em termos relacionais (RICHARDSON, 1999).
- Quanto aos objetivos: Exploratória, pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou construir hipóteses (GIL, 2007).
- Quanto à forma de abordagem do problema: em grande parte qualitativa – pois requer a interpretação de fenômenos que não podem ser traduzidos em números (SILVA; MENEZES, 2005) – com contribuições quantitativas;
- Quanto aos procedimentos técnicos: Estudo de caso, uma vez que envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou alguns objetos de forma a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2007). Ou seja, o estudo de caso representa uma maneira de investigar um tópico empírico seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-especificados (YIN, 2005).

3.1.2 Estrutura da pesquisa de campo

Para estruturar o estudo de caso, foi adotado como base o processo de indução de teoria de Eisenhardt (1989), que sintetiza importantes trabalhos anteriores em métodos qualitativos como de Yin (*The Case Study Crisis*, 1981 e *The Case Study Research*, 1984) e de

Miles e Huberman (*Qualitative Data Analysis*, 1984). Geralmente, esse processo para construção de teorias é indicado para novos tópicos e apresenta oito passos, que foram adaptados para o presente estudo da seguinte forma:

- I. Início: definição da questão da pesquisa, para ter um foco;
- II. Selecionar casos: escolha dos casos, com enfoque em estudos que possam colaborar com os objetivos da pesquisa;
- III. Instrumentos e protocolos: definição da combinação de múltiplos métodos de coleta de dados para a pesquisa;
- IV. Pesquisa de campo: realização da coleta de dados, elaboração de anotações, relatórios e análise prévia;
- V. Análise dos dados: análise dos dados referentes a práticas da empresa pesquisada com o objetivo de encontrar similaridades ou diferenças em relação à teoria estudada;
- VI. Construção de conceitos e/ou hipóteses: refinamento dos conceitos, possível surgimento de hipóteses e procura dos porquês entre as relações;
- VII. Cobertura da literatura: comparação com a literatura existente;
- VIII. Conclusão: fechamento do processo iterativo de contraste entre teoria e dados. Construção da teoria, quando possível.

3.2 ESTUDO DE CASO

Tendo em vista que a questão de pesquisa já foi previamente definida no Capítulo 1, a segunda etapa a ser realizada, segundo o processo de Eisenhardt (1989), é a seleção da unidade de análise da pesquisa. Assim, o objetivo principal desse estudo de caso é explorar o contexto de retorno de produtos para obter maior conhecimento prático no assunto e, ainda, viabilizar a determinação dos principais parâmetros decisivos acerca da escolha do destino para os *produtos seminovos retornados* (PSR).

Desta forma, foi selecionada para o estudo uma empresa de manufatura de bens de consumo duráveis, com mais de 30 anos de experiência no mercado, que já possui uma área em sua planta destinada ao tratamento de bens de consumo duráveis que retornam de campo. A empresa teve uma boa adequação à pesquisa por ter práticas *lean* implantadas na sua manufatura.

Para assegurar a confiabilidade dos dados coletados, foi elaborado um Protocolo de Estudo de Caso (apêndice A), conforme indica a terceira etapa proposta por Eisenhardt (1989). Na coleta de dados, as fontes de evidência utilizadas foram entrevistas, documentos e registros, como também a observação direta. A análise cruzada dessas fontes da coleta de dados, assim como os conceitos e considerações que emergiram da análise, estão descritos nos próximos itens.

Com o objetivo de preservar a confidencialidade das informações da empresa pesquisada, a partir daqui, ela é referenciada como “*Empresa*”. Para a pesquisa de campo, a autora realizou visitas técnicas à empresa no período de maio a novembro de 2009, com o intuito de aprofundar o estudo prático de um ambiente de retorno de produtos à fábrica e de recuperação de produtos.

3.2.1 Apresentação da *Empresa*

A *Empresa* possui 34 anos de existência e está localizada na cidade de São José, no Estado de Santa Catarina. Além da matriz em São José, onde foi realizado o estudo, possui filiais na cidade de São José dos Pinhais, no Paraná, e em Santa Rita do Sapucaí, em Minas Gerais. Com 43 mil m² de área construída, possui cerca de 1700 colaboradores diretos e atua nas áreas de telecomunicações, segurança eletrônica e informática com presença em todo o território brasileiro e em alguns países na América Latina e África. A *Empresa* é líder no mercado brasileiro de centrais telefônicas (60% de participação) e telefones (32%).

Essa empresa tem como estratégia de produção a produção em massa, porém, no ano de 2006, iniciou uma movimentação em prol da implantação da manufatura enxuta. Quase quatro anos depois, o setor de fabricação de produtos está bem desenvolvido nas práticas do *lean*, ao contrário do setor de remanufatura da empresa, que não foi desenvolvido nesse sentido. Desta forma, pode-se afirmar que o setor de remanufatura da *Empresa* permanece como uma “indústria imatura”, conforme caracterização da indústria de remanufatura feita por Kucner (2008).

3.2.2 Estrutura do pós-venda da *Empresa*

A assistência técnica da *Empresa* é um dos pilares do setor de pós-venda, juntamente ao relacionamento com o cliente. O processo operacional da assistência técnica pode ser descrito conforme a Figura 22.



Figura 22: Entradas e saídas do processo de assistência técnica.
Fonte: elaborado com base nas informações cedidas pela *Empresa*.

A remanufatura é o destino escolhido pela empresa para a maior parte dos produtos que retornam de campo, inclusive para os PSR, oriundos de uma operação comercial denominada *troca expressa*. A remanufatura é uma das funções da Assistência Técnica na *Empresa*. A figura a seguir ilustra como se estrutura o Pós-venda da empresa, assim como a localização, em termos de estrutura organizacional, da remanufatura. Algumas atividades da Assistência Técnica e do Relacionamento com o Cliente foram suprimidas para facilitar a visualização da Figura 23.

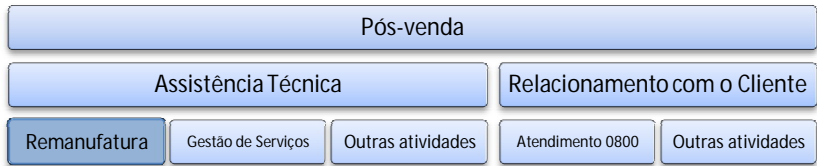


Figura 23: Estrutura do pós-venda da *Empresa*.
Fonte: elaborado com base nas informações cedidas pela *Empresa*.

Portanto, a remanufatura é uma área subjacente à Assistência Técnica da *Empresa*, que tem por objetivo a recuperação dos bens que retornam de campo, por diversos motivos e em diversas fases da vida útil do produto.

Além da área de cerca de 400m² destinada à remanufatura na planta da fábrica matriz, a *Empresa* ainda dispõe em todo território nacional de uma rede de suporte pós-venda, que se estrutura em dois atendimentos diferentes:

- Laboratórios avançados (total de 12 no país): que dispõem de serviços de instalação e manutenção dos produtos da empresa, provendo atendimento mais especializado, com foco em produtos mais complexos como as centrais telefônicas;
- Assistências técnicas autorizadas (cerca de 320 no país): que provêem serviços de assistência e reparos mais gerais aos clientes.

Portanto, o produto que é devolvido pelo consumidor por apresentar defeito em qualquer fase de sua vida útil pode ser encaminhado a uma assistência técnica autorizada, a um laboratório avançado, ou ainda para a fábrica. No caso dos produtos de *troca expressa*, os bens, em geral, são encaminhados para a fábrica. Isso possibilita à empresa ter maior controle sobre os produtos que retornam de campo por “mortalidade infantil”, e ainda, certificar-se da quantidade e tipos de problemas que vêm ocorrendo em campo.

As possíveis naturezas de retorno de produtos para a *Empresa* são chamadas: devolução comercial, conserto e *troca expressa*. A devolução comercial não é caracterizada por problemas com o produto, mas sim por um contrato entre fabricante e distribuidor (varejista) que prevê alguns motivos para o distribuidor devolver o produto ainda embalado ao fabricante. Já o conserto é caracterizado pelas remessas de produtos que apresentam defeito e devem ser retornados aos clientes após a recuperação. Essa natureza de retorno engloba tanto os produtos dentro do período de garantia, como os que estão fora. Poucos produtos dessa natureza de retorno são encaminhados ao fabricante para o conserto, a maior parte é encaminhada para os laboratórios avançados ou assistências técnicas autorizadas. Por fim, a *troca expressa* refere-se à devolução de produtos por clientes que alegam defeito em até sete dias após a compra ou entrega. Esses produtos devolvidos, em geral, retornam à fábrica. Essa última natureza de retorno é o foco do estudo de caso.

3.2.3 Escolha da linha de produtos para o estudo de caso

A linha de produto escolhida para esse estudo foi a de telefones fixos, que inclui os telefones convencionais e sem fio. Essa linha tem o maior volume de retorno de campo em relação às outras linhas de produtos, e suas operações de reparo são semelhantes para modelos diferentes de telefones. No período de janeiro a julho de 2009, foi

levantada a quantidade de retorno de produtos da linha de telefones por tipo de natureza de devolução dos consumidores, ou seja, a devolução comercial não foi considerada⁹. Esses dados estão na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de produtos retornados por natureza de devolução e porcentagem de retorno.

Natureza de devolução	Qtde de produtos retornados Total (jan a jul de 2009)	Média mensal retorno	% da produção de novos (média mensal)
Conserto	5.169	738	6,4%
Troca Expressa	10.212	1.459	12,6%
Total	15.381	2.197	19,0%

Fonte: Dados da *Empresa*.

De acordo com a Tabela 1, a *Empresa* recebeu cerca de 1500 produtos da linha de telefones por mês de janeiro a julho de 2009 pela modalidade de *troca expressa*. Isso representa 12,6% da produção média mensal do ano de 2008 (11.556 telefones produzidos por mês em 2008), caracterizando uma alta taxa de retorno por troca.

Esses produtos não chegam com prévio diagnóstico de defeito, assim a fábrica deve se encarregar de fazer os testes. Segundo dados da empresa, dessa quantia que retorna como *troca expressa*, cerca de 60% dos produtos não apresenta defeito aparente. Isto é, da média mensal de produtos retornados dessa linha (cerca de 1450 produtos), 870 itens não possuem defeito ou não apresentam defeito detectável. As causas levantadas na coleta de dados para essa alta porcentagem de “não-defeito” foram:

- Produto não adequado às expectativas do cliente, ou seja, o cliente ficou insatisfeito com o funcionamento e/ou estética do produto, mesmo esse operando em funcionalidade completa (conceito de *gaps* da qualidade percebida da Figura 2);
- Falta de clareza nos manuais de operação;
- Defeitos intermitentes, isto é, problemas que ocorreram durante o uso no consumidor, mas que não ocorrem nos testes da empresa;
- Mau uso do produto¹⁰ pelo consumidor no período coberto pela lei da troca, e como em geral não há conferência no

⁹ Esta modalidade de retorno não caracteriza produtos que retornam de consumidores e sim de varejistas ou distribuidores.

varejista quanto ao motivo do defeito, o produto é aceito para troca como se já tivesse vindo de fábrica defeituoso.

3.2.4 Fluxo de processos para os produtos de *troca expressa*

O produto devolvido pelo cliente chega à fábrica por transporte rodoviário na área de recebimento, onde é realizada a conferência da nota fiscal, que é a comparação da descrição da nota com o produto físico. Após essa etapa, os produtos seguem para o setor de remanufatura.

No setor de remanufatura, os produtos passam por processos que caracterizam uma Remanufatura Disjuntiva, pois os produtos são desmontados e as peças reaproveitadas em produtos novos. Entretanto, as operações e a sua sequência divergem um pouco do fluxo de uma remanufatura disjuntiva comum, uma vez que há duas remontagens: uma para teste após conserto de peças e a segunda na área de manufatura da fábrica para gerar o produto novo. O fluxo da Figura 24 apresenta a sequência de atividades que ocorre no setor de remanufatura, até a liberação de peças para a manufatura.

¹⁰ O mau uso por parte do consumidor pode ser caracterizado como: produto quebrado (por queda), molhado, conectado em voltagem não apropriada, ou ainda submetido a descargas elétricas. Em geral, o mau uso não é coberto pela lei do consumidor, mas é dificilmente detectável.

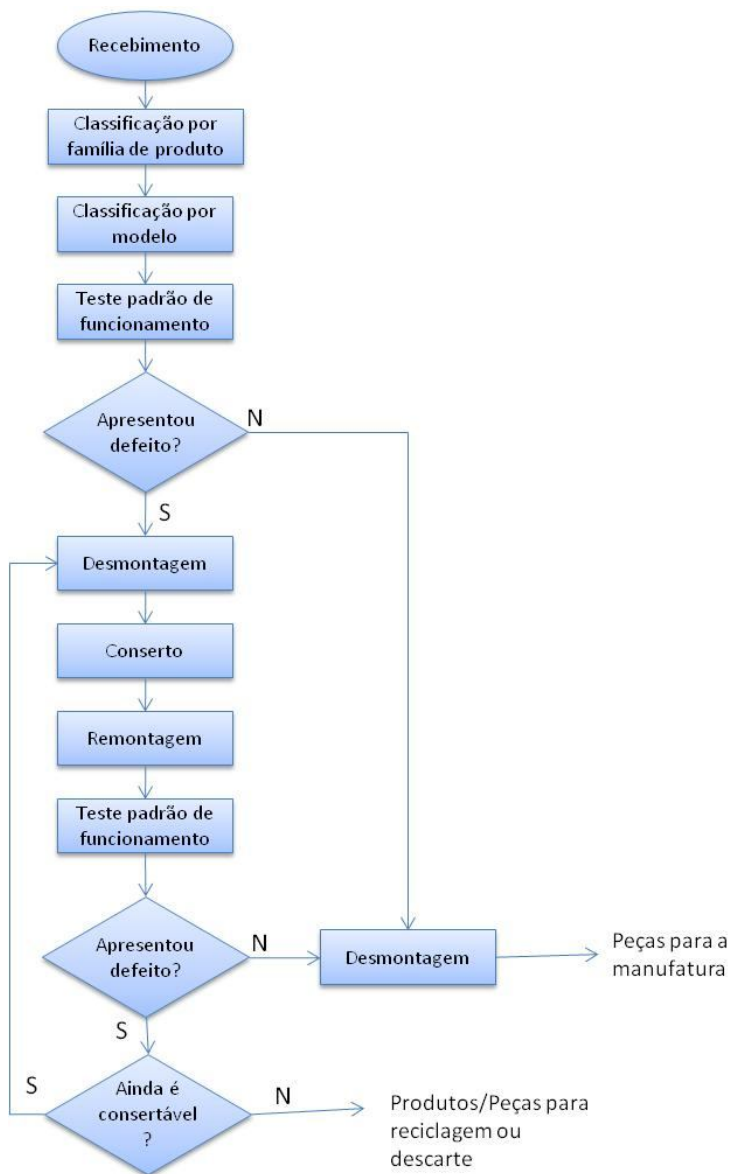


Figura 24: Fluxograma das etapas da Remanufatura Disjuntiva da *Empresa*.

Após o recebimento, os produtos vão para um local de estoque na área de remanufatura. A primeira etapa no setor de remanufatura é uma

classificação em famílias de produtos, como, por exemplo, na linha de telefones. A operação seguinte é a separação dos produtos da linha em aramados por modelo. Os produtos ficam em estoque local (na área de remanufatura) até serem encaminhados para o primeiro teste padrão de funcionamento. Nesse teste, que leva em média dois minutos para ser executado, o produto é testado nas suas funções operacionais.

Caso o produto não apresente defeito algum, é colocado em um contenedor de “produtos para a desmontagem”, estocado e posteriormente encaminhado para a operação de desmontagem final. Caso o produto apresente defeito, o tipo de defeito é etiquetado no produto, e esse é colocado em um contenedor para consertos. Após espera no estoque, esse contenedor é enviado à operação de conserto, onde o produto é desmontado, consertado e remontado. Em geral, essas atividades do conserto são mais longas que a operação de teste, variando de 5 a 15 minutos, de acordo com o modelo do produto, defeito apresentado e possíveis atualizações a serem feitas¹¹, segundo os operadores desse posto. Após essa etapa, o produto volta a um contenedor e aguarda ser encaminhado para a segunda operação de teste. Novamente esse é testado, e caso não apresente defeitos, o produto é desmontado e seu módulo principal é colocado em contenedores para aproveitamento na manufatura. A carcaça do produto é encaminhada para moagem, para passar por um processo posterior de reciclagem. Se ainda apresentar defeito no segundo teste e este defeito for consertável, o produto volta ao fluxo: desmontagem \Rightarrow conserto \Rightarrow remontagem. Se o produto não for mais consertável, este é encaminhado para reciclagem ou descarte.

3.2.5 Elementos de influência na decisão sobre a destinação dos produtos de *troca expressa*

Por meio das entrevistas, documentos e observações diretas do estudo de caso, foi possível identificar diversos fatores como possíveis parâmetros de influência na escolha da destinação para os produtos retornados por *troca expressa*. Esses parâmetros são aqueles que exercem influência na decisão ou são influenciados por ela e, portanto,

¹¹ Segundo os dados coletados na empresa, alguns produtos ao serem remanufaturados passam também por um processo de atualização, nos casos em que a fábrica já produz um modelo novo daquele produto. Em média, um *produto de troca expressa* retorna à fábrica após seis meses da sua produção.

podem ajudar a nortear o processo decisório. Os principais fatores levantados foram:

- Demanda: esse parâmetro consiste na influência que a demanda de produto remanufaturado exerce sobre o contexto decisório. Esse segmento de demanda também é chamado de *green segment* ou “segmento verde” que é aquele suprido pelos “produtos verdes”, que são os bens projetados com atributos ambientais e/ou com uso de material reciclado (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008). Os produtos remanufaturados – por serem considerados um tipo de reuso e, por isso, poupam energia e matéria-prima – são tidos como produtos que suprem esse tipo de demanda;
- Condição do produto: a condição do produto é o estado do bem que retorna à fábrica. É uma classificação que leva em consideração questões funcionais e estéticas do produto. Os produtos de *troca expressa* geralmente retornam de campo em condição de “seminovos” por terem sido usados por um período de tempo curto ou, até mesmo, nulo. A condição é relevante para a decisão pois o estado do produto pode ser favorável ou desfavorável à destinação escolhida. Por exemplo, um produto seminovo é mais apto ao conserto do que um produto muito danificado;
- Volume e frequência de retorno (fornecimento): o volume e a frequência de retorno dizem respeito à quantidade de produtos que retornam e à frequência de retorno, caracterizando assim o fornecimento de produtos para a fábrica. O volume e a frequência também devem ser considerados como parâmetro pois impactam diretamente a viabilidade de uso de uma linha de recuperação, seja tradicional ou disjuntiva;
- Concorrência: esse parâmetro diz respeito ao tipo de mercado no qual está inserido o produto, pois o nível de concorrência influencia a decisão de remanufaturar ou não. No caso de haver baixa concorrência, ou seja, quanto mais próximo de um monopólio, maiores são as chances de o produto remanufaturado canibalizar as vendas dos produtos novos da mesma empresa. Entretanto, em caso de alta concorrência, essa redução de volume/receita de vendas pode ocorrer sobre os produtos da concorrência, tornando

esse fator uma consequência favorável (ATASU; SARVARY; VAN WASSENHOVE, 2008);

- Lucratividade: esse parâmetro refere-se à lucratividade relativa à revenda do produto no mercado, levando em consideração os custos e receitas. Cada alternativa de destino pode possuir um impacto financeiro diferenciado;
- Investimentos: esse aspecto é relacionado com os investimentos a serem realizados de acordo com a destinação escolhida, como, por exemplo, em espaço físico, maquinário, pessoal, etc.
- Questão ambiental: esse parâmetro diz respeito ao impacto ambiental da alternativa escolhida, em termos de geração de lixo, reaproveitamento de material, normas e leis, e ainda à capacidade de prover uma “imagem verde” à empresa;
- Controle de informações pós-venda: esse último parâmetro refere-se à obtenção de informações (*feedback* de defeito) sobre o produto que retorna à fábrica. Cada alternativa de destino pode ter maior ou menor obtenção desse *feedback*, que permite melhorar os níveis de qualidade e reduzir a “mortalidade infantil” dos produtos.

Alguns desses fatores podem ser influenciados em função da escolha da alternativa para tratar o bem retornado. Outros parâmetros interferem na decisão a ser tomada. Os quatro primeiros citados (demanda, condição, volume/frequência de retorno e concorrência) não são diretamente influenciados pela escolha, mas influenciam a decisão. Os outros fatores são influenciados pela escolha da alternativa de tratamento aos produtos de *troca expressa* (lucratividade, investimentos, questão ambiental e controle de informações).



Figura 25: Parâmetros influenciadores e parâmetros influenciados para o Processo Decisório.

A Figura 25 ilustra como funciona a interação entre o processo decisório e seus parâmetros influenciadores e influenciados pela decisão. Ambos devem ser considerados, porém de maneira diferente na escolha do tratamento a ser dado aos produtos de *troca expressa*.

3.2.6 Análise das *características complicadoras* de Guide (2000) na remanufatura da *Empresa*

Conforme abordado por Guide (2000) em sua pesquisa “PCP para Remanufatura: práticas da indústria e necessidades de pesquisa”, os sistemas de remanufatura geralmente possuem particularidades que os diferenciam das manufaturas, cunhadas por ele de *características complicadoras*. Durante o estudo de caso, foi levantada, por meio de entrevista informal e observação direta, a realidade da remanufatura da *Empresa* quanto a essas *características complicadoras* para os bens que retornam por troca estabelecida por lei (*troca expressa*). Portanto, segue nesse tópico uma comparação entre os achados do autor e a realidade encontrada na *Empresa*.

Quanto à particularidade “Incertezas relacionadas ao tempo e à quantidade de retorno de produtos” para os produtos de *troca expressa*, essa incerteza está diretamente ligada à insatisfação do consumidor com o produto adquirido. Essa insatisfação pode ser motivada por um ou mais defeitos ou mesmo pela falta de empatia com o produto, mesmo este último apresentando totais condições de funcionamento operacional. Isso também motiva a devolução do bem recém-adquirido pelo consumidor aos varejistas, os quais não têm a preocupação de verificar se realmente há algum problema com o produto, que retorna à fábrica como “defeituoso”.

Para a *Empresa*, o “Balanceamento da demanda com o retorno” não é característico pois os produtos de *troca expressa* sofrem remanufatura disjuntiva, ou seja, suas peças boas ou consertáveis são aproveitadas em produtos novos. Assim, como o volume de retorno de produtos por *troca expressa* é pequeno se comparado à produção de produtos novos, não foram verificados impactos significativos no balanceamento com a demanda de produtos novos. Entretanto, isso traz uma dificuldade referente ao tipo de peça a ser aproveitada (peças provindas de produtos de *troca expressa*), que nem sempre se adequa ao tipo de peça que a produção necessita no momento para fabricar os produtos novos.

Em relação à particularidade de “Desmontagem”, os produtos da *Empresa* não são projetados contemplando o processo de desmontagem, como ocorre na maioria das empresas, segundo dados coletados na revisão bibliográfica. Assim, pode-se afirmar que, em alguns produtos da linha de telefones, a operação de desmontagem pode danificar a carcaça do produto. Além disso, o material que envolve esses produtos é facilmente danificado por arranhões, então mesmo produtos de *troca*

expressa que são considerados “seminovos” podem retornar com defeito estético também.

As “Diferenças na qualidade das peças retornadas” geram uma incerteza na quantidade de componentes/peças a serem consertados que, por sua vez, dificultam a previsão de compra de materiais. No caso da *Empresa*, o almoxarifado de peças da remanufatura é o mesmo da manufatura. Portanto, os cálculos de tamanho de lote e dimensionamento do estoque devem ser realizados junto aos parâmetros da fábrica. Desta forma, as implicações dessa característica complicadora são amortecidas.

Quanto à “Logística Reversa”, a *Empresa* não possui uma rotina estabelecida para a coleta dos produtos da linha de telefones nos varejistas. Em geral, são os varejistas que entram em contato com a empresa para retornar os produtos, sendo que os custos de transporte são de responsabilidade da *Empresa*. Além disso, um agravante é a atuação da empresa em todo território nacional, o que onera ainda mais o processo de logística reversa.

Para a *troca expressa* da *Empresa*, a particularidade “Restrições de materiais equivalentes” não se aplica de maneira relevante pois, nesse caso, o consumidor já recebeu um produto novo na troca e não retém a propriedade do bem que retorna à fábrica. Além disso, os produtos de *troca expressa*, em geral, são seminovos e não obsoletos, ou seja, na maioria das vezes ainda estão em produção na empresa.

Por fim, pode-se afirmar que a característica “Incerteza de rota e de tempo de processamento” é relevante para a remanufatura da *Empresa*. O problema de incerteza do defeito influencia no tipo e na duração da atividade que a operação realizará no produto, principalmente na bancada de conserto (que é a operação mais longa), e isso impacta diretamente no tempo de processamento. Entretanto, em geral, os produtos da linha de telefones de *troca expressa* passam pelas mesmas operações, ou seja, a rota é previamente definida.

O Quadro 3 resume o confronto entre a teoria estudada e os achados do estudo de caso.

Característica Complicadora (Guide, 2000)	Característica Complicadora na <i>Empresa</i>
<u>Incertezas relacionadas ao tempo e à quantidade de retorno de produtos:</u> O tempo e a quantidade de retorno de itens são incertos, devido à natureza incerta da vida do produto. A taxa de retorno é função do estágio de ciclo de vida e da taxa de mudança de tecnologia.	A incerteza é ligada à insatisfação do consumidor com o produto, que pode ser motivada por defeito ou falta de empatia com o produto (inadequação ao uso).
<u>Balanceamento da demanda com o retorno:</u> A dificuldade de balancear a demanda com o <i>mix</i> e o volume de produtos retornados aumenta a complexidade da remanufatura e do controle dos estoques.	Os produtos de <i>troca expressa</i> sofrem remanufatura disjuntiva, onde suas peças são aproveitadas em produtos novos. Assim, essa particularidade não impacta de forma relevante o balanceamento com a demanda de produtos novos.
<u>Desmontagem:</u> O tempo da desmontagem varia muito, dificultando a estimativa de tempos de fluxo e fixação de <i>lead times</i> precisos.	Os produtos da <i>Empresa</i> não são projetados visando a desmontagem. Essa operação pode prover danos à carcaça do produto.
<u>Diferenças na qualidade das peças retornadas:</u> A diferença de qualidade é devido a uma série de fatores como: idade, ambiente, uso e manutenção do item. Sua consequência é a incerteza na quantidade de peças e materiais a serem consertados, que dificulta a previsão de compra de materiais e dimensionamento de estoque de peças e componentes.	As diferenças de qualidade dificultam a previsão de compra de materiais. Entretanto, na <i>Empresa</i> , o almoxarifado de peças da remanufatura é o mesmo da manufatura, o que amortece as implicações dessa característica.
<u>Logística Reversa:</u> O processo de coleta de retorno é muito complexo, pois envolve decisões como o número e locais de coleta, incentivos para retorno de produtos, métodos de transporte, provedores de serviço, etc.	A <i>Empresa</i> não possui rotina estabelecida para a coleta, os varejistas entram em contato para retornar os produtos. A atuação da empresa é em nível nacional, o que onera ainda mais o processo de logística reversa.
<u>Restrições de materiais equivalentes:</u> As restrições de equivalência dos componentes a serem substituídos complicam o gerenciamento de materiais e o processo de produção. Há pouca visibilidade de demanda de peças e baixo volume, que acarreta em <i>buffers</i> com alto volume de peças de reposição	Não se aplica de maneira relevante pois, nesse caso, o consumidor já recebeu um produto novo na troca e não retém a propriedade do bem que retorna à fábrica. Além disso, os produtos em geral são seminovos e não-obsoleteos.
<u>Incerteza de rota e de tempo de processamento:</u> É uma consequência das diferentes condições dos itens retornados, dificultando o planejamento dos recursos, a programação, o controle do chão de fábrica e o gerenciamento dos materiais.	O problema de incerteza do defeito influencia no tipo e duração da atividade que a operação realizará no produto, principalmente no conserto (operação mais longa), impactando no tempo de processamento.

Quadro 3: Características complicadoras de Guide (2000) na *Empresa*.

3.2.7 Oportunidades para a remanufatura da *Empresa*

Para enfrentar as “características complicadoras” de Guide (2000) para o ambiente de recuperação de produtos, a *Empresa* pode tomar algumas medidas com foco na redução dos efeitos dessas particularidades.

Para reduzir a alta taxa de retorno de produtos de *troca expressa*, por exemplo, a *Empresa* pode investigar as possíveis causas de falhas nos seus produtos. Essas falhas podem ser oriundas da operação produtiva - como do projeto da operação mal feito, problemas nas instalações, equipamentos e pessoal - ou dos materiais/informações fornecidos à produção. Um aumento no controle da qualidade e principalmente no uso de práticas e princípios para prevenção de falhas - como paradas automáticas de linha para evitar que um defeito passe a frente ou *poka yokes* - são recomendações para reduzir o aparecimento de problemas para o consumidor. E ainda, considerando que 60% dos PSR não apresenta defeito aparente, uma investigação nas lacunas da qualidade percebida também pode ser realizada a fim de minimizar a insatisfação do consumidor que motiva este retorno do produto de forma precoce.

A fim de aumentar a eficiência da remanufatura, o projeto de produto da *Empresa* deve considerar as operações da remanufatura, especialmente a operação de desmontagem. O desenvolvimento de projetos de produtos que contemplem o processo de desmontagem e outros processos concernentes à remanufatura auxilia na redução de custos para um sistema de recuperação de produtos.

Outra oportunidade de melhoria para a *Empresa* é implantar, além da classificação dos produtos retornados por modelo, uma classificação de acordo com suas condições e necessidades de reparo. Para isso, devem ser estabelecidos critérios para determinar a condição dos produtos. Essa segregação facilita a determinação do escopo de trabalho para cada grupo de produtos a ser remanufaturado, auxiliando nas operações de PCP da remanufatura.

Por fim, estabelecer uma rotina e rota de coleta de produtos pode melhorar a estabilidade do fornecimento de produtos para a recuperação de produtos, e ainda gerar economias nos custos de logística reversa.

3.3 DISCUSSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 3

Esse capítulo apresentou a metodologia de pesquisa de campo, os instrumentos de coleta de dados, algumas análises, conceitos e confrontos entre estudo de caso e a literatura revisada no Capítulo 2.

A *Empresa* realiza a remanufatura disjuntiva com os produtos de *troca expressa*, desta forma, ela optou por reaproveitar peças dos produtos retornados em produtos novos. Durante o estudo de caso, foi questionado nas entrevistas o porquê dessa escolha como destinação para os produtos de *troca expressa*, e descobriu-se que não foram realizados estudos, análises ou algum método para determinar qual poderia ser a melhor tratativa para esses bens.

Também vale ressaltar que a porcentagem de retorno da linha de produto estudada é alta, 13% do que é produzido é retornado pelos usuários amparados pela lei do consumidor, confirmando a teoria da curva da banheira, que afirma haver alta taxa de “mortalidade infantil” dos produtos. Ainda, 60% dos itens retornados por *troca expressa* não apresentam defeito aparente/detectável.

Ademais, o estudo de caso apresentado serviu para corroborar a literatura ao afirmar que, geralmente, a remanufatura é uma “indústria imatura” em comparação à manufatura comum. O processo de remanufatura encontrado na empresa apresenta uma maturidade entre o “fluxo desordenado (*job shop*)” e “fluxo em linha desconectada (lote)” da matriz produto-processo da Figura 21 no Capítulo 2.

As operações de remanufatura da *Empresa* são repletas de desperdícios. Dentre essas perdas, pode-se destacar:

- Falta de padronização e rotina no recolhimento dos produtos nos varejistas/distribuidores;
- Falta de padronização nos processos da remanufatura;
- Retrabalho de testes: são executadas duas operações distintas de teste, sendo que o segundo teste poderia ser feito pelo operador de conserto;
- Retrabalho de montagem/desmontagem: o produto é desmontado, consertado e montado mais uma vez para poder efetuar as operações de teste e por fim, desmontado de novo pois sua carcaça não é reaproveitada;
- Excesso de estoques entre as operações.

Além desses desperdícios, durante as observações diretas no local, foram constatadas frequentes movimentações dos operadores de teste dos produtos em direção ao almoxarifado para abastecer a linha, o que dificulta a criação de um fluxo produtivo. E quanto às características complicadoras de Guide (2000) na *Empresa*, pode-se afirmar que cada particularidade varia seu grau de relevância de acordo com o tipo de produto e o tipo de remanufatura adotada. Essas

particularidades podem ser amortecidas se algumas ações forem tomadas.

O estudo de caso também permitiu o levantamento dos parâmetros de influência para o contexto decisório. Esses parâmetros são divididos em dois grupos distintos: os que influenciam a decisão e os que são influenciados pela decisão. Ambos os grupos são importantes para a análise das alternativas de destino aos bens retornados.

Por fim, a análise do estado atual da *Empresa* motivou a concepção de um método para a avaliação das possibilidades de tratamento para os produtos de *troca expressa*, assim como para os *produtos seminovos retornados* (PSR) em geral, de forma a atender aos objetivos estratégicos da empresa, minimizar custos, viabilizar melhorias nos produtos e prover uma imagem verde à empresa.

Desta forma, a pesquisa de campo serviu de subsídio prático para a elaboração de um método para o estudo e análise das opções de destino aos PSR, que é apresentado no próximo capítulo. O Quadro 4 a seguir provê um panorama do presente estudo de caso:

Descrição do Caso	Problema da Pesquisa	Fontes de Dados	Investigador	Saída
Empresa de manufatura de bens de consumo com área de remanufatura anexada à fábrica	Decisão estratégica acerca da destinação apropriada aos <i>produtos seminovos retornados</i>	Arquivos (documentos e registros), entrevistas e observação direta	Único	Método para diagnóstico e análise das alternativas de destino para bens retornados de campo seminovos.

Quadro 4: Panorama do estudo de caso.

Foi decidido realizar o método para os PSR pois esse conceito, conforme definido no léxico dessa dissertação, é mais abrangente que o conceito de produto da *troca expressa*, fornecendo ao método um caráter mais amplo e genérico.

4 MÉTODO DE ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA OS PRODUTOS RETORNADOS (M.A.A.P.R.)

O Método de Análise de Alternativas para os Produtos Retornados (M.A.A.P.R.) apresentado ao longo desse capítulo destina-se a empresas de manufatura de bens de consumo duráveis que fabricam produtos retornados da rede de distribuição no início de sua vida útil – *produtos seminovos retornados* (PSR). Assim, o método foi desenvolvido com vistas a fornecer um detalhamento do problema de retorno e servir de apoio ao processo decisório do que fazer com esses produtos, fornecendo recomendações para o tratamento desses bens.

Desta forma, o M.A.A.P.R. apresenta-se em forma de um instrumento genérico aplicável para empresas que queiram usá-lo em seu caso específico a fim de obter maior conhecimento sobre o ambiente de retorno de produtos, assim como determinar os fatores que influenciam a decisão estratégica sobre o tratamento desses bens.

Para isso, esse capítulo tem por objetivo apresentar a proposta de um método para orientar a destinação para os produtos retornados à fábrica em três fases: diagnóstico do problema (*item 4.1*), apoio à decisão (*item 4.2*) e orientações para a remanufatura *lean* (*item 4.3*). Esse método é um resultado da análise crítica dos elementos teóricos encontrados na literatura – descritos no Capítulo 2 – juntamente às informações estudadas na pesquisa de campo. Assim, pode-se afirmar que a elaboração do método é uma função das relações entre a literatura e o estudo de caso, que proveem, respectivamente, os fatores técnicos bibliográficos e os fatores técnicos funcionais.

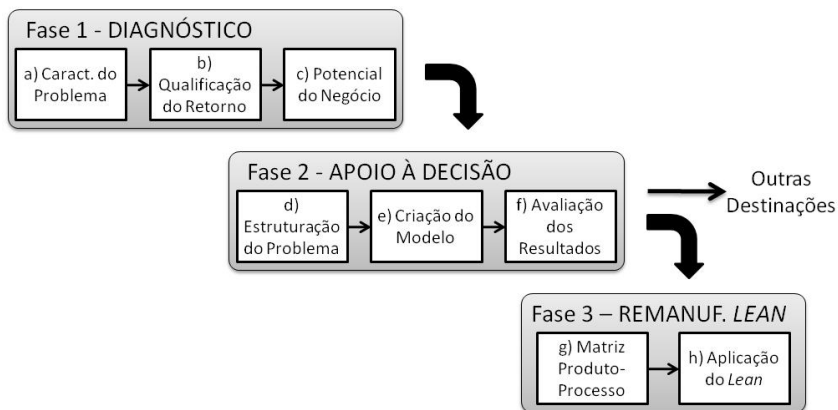


Figura 26: Estrutura do M.A.A.P.R.

A Figura 26 ilustra o sequenciamento das fases do método. Cada fase é composta por etapas, que serão descritas em maior detalhe mais adiante. Após a Fase 2 do M.A.A.P.R., que gera recomendações para auxiliar a decisão, um sistema de remanufatura pode ser a destinação escolhida. Por isso, optou-se por elaborar para o método essa última fase com orientações baseadas na filosofia enxuta para a remanufatura, uma vez que essa forma de destino aos bens retornados vem se tornando popular, conforme abordado no referencial teórico desse trabalho. Caso não seja optado pela remanufatura, o método deve ser utilizado até sua segunda fase.

Os requisitos do M.A.A.P.R. são:

- Ser o suficientemente amplo para poder ser usado em qualquer empresa de manufatura de bens de consumo duráveis;
- Apresentar uma visão sistêmica dos aspectos da remanufatura;
- Ser intuitivo e simples na sua concepção;
- Permitir entender os principais critérios e relacionamentos entre os parâmetros para realizar uma avaliação mais adequada das opções de tratamento para os bens retornados.

4.1 DIAGNÓSTICO

Um diagnóstico, de maneira geral, viabiliza traçar metas e objetivos para uma situação desejada, podendo, portanto, servir como ferramenta de auxílio na determinação da melhor situação futura.

Diagnosticar é identificar os problemas e encontrar as soluções mais adequadas por meio de um estudo que reflita o estado de um objeto. Por isso é uma etapa fundamental no processo decisório acerca do que se fazer com um produto que retorna à fábrica, pois precede e auxilia na definição das demais etapas.

Um bom diagnóstico depende da sua correta percepção da realidade, pois uma mesma condição pode ser vista sob diferentes óticas, resultando em diferentes conclusões. Para evitar que essa multiplicidade afete o processo de tomada de decisão, deve-se buscar formar uma base comum de observações com interpretações menos subjetivas, alicerçadas em fatos, dados, eventos e outras informações que ajudem a tornar a realidade mais palpável e concreta.

4.1.1 Aspectos gerais do Diagnóstico

Antes de dar início ao detalhamento das etapas e atividades do diagnóstico, devem ser feitas algumas considerações. O objetivo principal do diagnóstico é a busca de conhecimento quanto ao problema de retorno de produtos ainda na fase inicial de vida útil. Em outros termos, o diagnóstico visa levantar informações que concernem o problema de *produtos seminovos retornados* (PSR), conforme definição dessa expressão no léxico desse trabalho.

Desta forma, esse diagnóstico deve servir como ferramenta para fornecer um detalhamento das características do problema de PSR. Esse desdobramento de informações gera o conhecimento do “estado atual” do problema, que é essencial para a etapa seguinte de avaliação multicriterial das alternativas para esses bens retornados.

Um ponto importante a ser destacado é que o diagnóstico pode apontar as causas raiz do problema de retorno de produto, que podem estar ligadas ao processo de fabricação, aos fornecedores de peças, à área de desenvolvimento de produtos, dentre outros. No entanto, o foco do diagnóstico é fornecer subsídios para auxiliar na decisão dentre as alternativas levantadas como destino para os PSR. Essa afirmação não diminui, de forma alguma, a importância que deve ser dada às informações de causas raiz do problema, pois medidas devem ser tomadas para minimizar o retorno de produtos por “mortalidade infantil”. Assim, essas informações levantadas podem ser apresentadas como saídas secundárias do método, assim como possíveis ações de melhorias.

De início, o diagnóstico deve ser abrangente no que diz respeito a todos os PSR, ou seja, todos os modelos que retornam podem ser

investigados. A partir de um conhecimento maior do problema, o qual progride com a aplicação do diagnóstico, o método pode ser direcionado a uma linha de produtos específica de interesse (por apresentar maior volume de retorno ou valor agregado) para dar continuidade ao estudo na fase de apoio à decisão.

Para a execução do diagnóstico, o método propõe a escolha de uma pessoa da empresa responsável pelo levantamento das informações que seja diretamente ligada ao problema. Essa pessoa pode escolher alguns membros para formar uma equipe de coleta das informações que, posteriormente, trabalharão na fase de apoio à decisão. A pessoa responsável, ou líder da equipe formada, passa a ser chamada de “facilitador” do método.

O diagnóstico prevê, para suas diversas etapas, algumas ferramentas de coleta de dados como sugestão. Entretanto, cabe ao facilitador e a sua equipe a determinação da melhor forma de levantar as informações essenciais ao método e organizá-las da melhor maneira possível.

De maneira resumida, esse diagnóstico tem o objetivo de fornecer informações sobre o problema de retorno de produtos – como características do problema, do mercado de remanufaturados e das potencialidades do negócio – para a segunda fase do método, que é o Apoio à Decisão. Para isso, o diagnóstico é dividido em três etapas: *Caracterização do Problema*, *Qualificação do Retorno* e *Potencialidade do Negócio*.

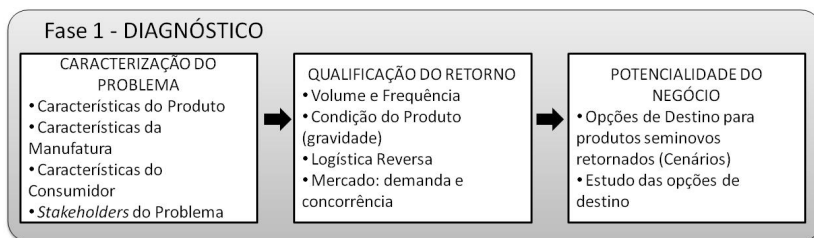
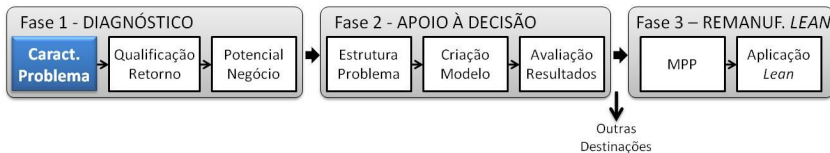


Figura 27: Etapas e atividades do Diagnóstico.

Cada uma dessas etapas é dividida em atividades, que, por sua vez, são divididas em tarefas. Essa estrutura do diagnóstico está descrita na Figura 27, e os próximos itens trazem a descrição de cada etapa. Para melhor explanar o seqüenciamento do método, cada tópico que descreve uma etapa do M.A.A.P.R. é seguido por uma ilustração da estrutura do método exposta na Figura 26, com destaque para a etapa a ser explicada.

4.1.2 Caracterização do problema



Essa etapa busca estudar o problema de retorno por meio de uma investigação das características do processo produtivo envolvido, do produto retornado propriamente dito e seu consumidor. Além disso, uma atividade seguinte dessa etapa é a determinação dos *stakeholders* do problema, ou seja, as pessoas, grupo de pessoas ou organizações que influenciam ou são influenciados pelo problema e suas possíveis soluções. Esses aspectos a serem levantados devem ser vistos sob a ótica de vulnerabilidades que possam causar o retorno do produto precocemente, como no caso dos PSR.

Assim, a primeira atividade é a *Caracterização do Produto*, que possui como tarefa a determinação de informações tais como: estágio do ciclo de vida do produto, embalagem, custo de fabricação e preço de venda, funcionalidades, participação no mercado e elementos do produto completo (pacote de serviços ofertado, manuais, treinamentos, etc.).

A segunda atividade é a *Caracterização da Manufatura*, ou seja, reúne o levantamento de informações relativas ao processo produtivo pelo qual o PSR é projetado, processado, armazenado e vendido. Essa atividade agrega tarefas como: a determinação dos controles de processo (estabilidade), determinação do fluxo de materiais e de informações, volume de produção, peças e materiais utilizados e possíveis análises de melhorias.

A terceira atividade é a *Caracterização do Consumidor* do PSR, que pode ser feita por meio da determinação de um perfil dos consumidores. Essa etapa engloba as tarefas de levantar as seguintes informações: locais de residência dos consumidores, idade, sexo, renda, educação e ocupação dos consumidores, assim como outras características elegidas como importantes para o conhecimento do problema. Nessa atividade também podem ser analisadas as lacunas de qualidade percebida entre as percepções e as expectativas dos consumidores, conforme definições do item 2.1.1 *Falhas e problemas de qualidade*. Assim, deve-se determinar quais lacunas podem ser mais relevantes para a insatisfação do consumidor e, conseqüentemente, motivam o retorno de produtos.

A quarta e última atividade da etapa *Caracterização do Problema* é a determinação dos *Stakeholders*. Para o problema de PSR, os seguintes *stakeholders* são sugeridos:

- Clientes: engloba os clientes e consumidores dos PSR;
- Empresa: pode ser a organização como um todo, ou incluir de forma separada algumas áreas ou pessoas específicas;
- Funcionários: os colaboradores da empresa em geral podem sofrer influências sobre as decisões da empresa acerca do problema pois podem participar nos lucros ou, mais indiretamente, podem receber melhores políticas salariais a longo prazo;
- Sociedade: a sociedade sofre os efeitos do problema dos produtos que retornam e sua possível destinação principalmente no que diz respeito à sustentabilidade à conservação dos recursos naturais e do meio ambiente;
- Acionistas: pessoas ou entidades que possuem interesse no retorno sobre os investimentos na empresa.

Todas as quatro atividades dessa etapa, assim como suas tarefas e formas de coleta, estão dispostas no Quadro 5:

DIAGNÓSTICO – ETAPA A			
ETAPA	ATIVIDADE	TAREFAS	FORMA DE LEVANTAMENTO
a) CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	a.1) Características do Produto	Determinar: <ul style="list-style-type: none"> • Estágio de ciclo de vida; • Embalagem; • Preço e custo; • Funcionalidades; • Participação no mercado; • Produto completo (embalagem, manuais, etc.) e serviços oferecidos. 	Análise de documentos e registros da empresa; Entrevistas com distribuidores e consumidores; Observação direta.
	a.2) Características da Manufatura	Determinar: <ul style="list-style-type: none"> • Níveis de estabilidade do processo de manufatura (como seis sigma, controles de qualidade, etc.); • Fluxo de materiais e fluxo de informação do processo; • Volume de produção diária e mensal; • Peças e materiais utilizados e seus fornecedores; • Possíveis melhorias. 	Análise de documentos e registros da empresa; Entrevistas com responsáveis; Observação direta
	a.3) Características do Consumidor	Levantar dados como: <ul style="list-style-type: none"> • Geografia (onde residem os consumidores); • Perfil (idade, sexo, renda, educação, ocupação); • Hábitos e atividades sociais; • Personalidade do consumidor: inovadores, primeiros adeptos, maioria inicial, maioria tardia, retardatários; • Lacunas da qualidade: quais lacunas são mais relevantes para o retorno precoce de produtos. 	Análise de documentos e registros, especialmente da área de <i>Marketing</i> da empresa; Entrevistas com responsáveis
	a.4) <i>Stakeholders</i> do problema	Levantar os possíveis influenciados e influenciadores no problema	<i>Brainstorming</i> com membros da equipe do método.

Quadro 5: Etapa de caracterização do problema.

O Quadro 5 reúne as atividades dessa etapa, que pode ser utilizado como um guia resumido para o diagnóstico do problema de retorno.

4.1.3 Qualificação do retorno



Após a *Caracterização do Problema*, a segunda etapa de *Qualificação do Retorno* diz respeito à determinação de alguns parâmetros do retorno dos produtos. Para isso, foram definidas quatro atividades que visam fornecer importantes dados acerca desse retorno.

A primeira atividade é relativa ao levantamento do volume e frequência de retorno de PSR. O volume de retorno é a quantidade de produtos que retornam em um determinado período de tempo, e a frequência é o número de vezes que chegam *produtos* à fábrica, por exemplo, três vezes ao mês. Esses fatores são importantes pois exercem influência na viabilidade de algumas possíveis soluções, como por exemplo, a construção de uma linha de reparos.

A atividade seguinte é relativa ao levantamento de informações sobre a condição do produto retornado, que representa a gravidade do defeito. Essa condição pode ser bem variável, desde um produto que não apresenta nenhum defeito até um produto que apresenta diversos defeitos com solução complexa. Assim, o objetivo dessa atividade é determinar o padrão da condição dos PSR, a taxa de ocorrência de falhas e a construção de um Gráfico de Pareto por tipo de defeito.

A terceira atividade busca obter informações acerca da Logística Reversa desses produtos. Os dados a serem levantados nessa atividade são: o fluxo de material e o fluxo de informações da logística reversa, assim como os custos embutidos nesse processo.

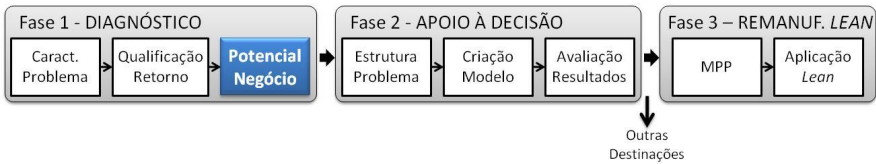
Por fim, a quarta atividade concerne à busca por informações mercadológicas. São importantes informações de mercado para auxiliar um futuro processo decisório: volume de demanda mensal do produto novo, volume de demanda mensal para o produto remanufaturado (que seria vendido a preços inferiores) e participação do produto novo no mercado, fornecendo assim o nível de concorrência do produto. O volume de demanda de produtos remanufaturados pode ser real (caso a empresa já venda esses produtos) ou estimado. Conhecer o nível de concorrência do produto novo é de suma importância pois viabiliza ou não a venda do produto remanufaturado, conforme já abordado nessa pesquisa (item 3.2.5).

O Quadro 6 apresenta um resumo esquemático das quatro atividades descritas acima, com suas respectivas formas de levantamento de dados.

DIAGNÓSTICO – ETAPA B			
ETAPA	ATIVIDADE	TAREFAS	FORMA DE LEVANTAMENTO
b) QUALIFICAÇÃO DO RETORNO	b.1) Volume e Frequência	Determinar: <ul style="list-style-type: none">• Volume de retorno de <i>produtos seminovos</i>;• Frequência de retorno: vezes por semana ou mês;	Análise de documentos e registros de retorno; Observação direta.
	b.2) Condição do Produto (gravidade)	Determinar: <ul style="list-style-type: none">• Condição estética dos PSR;• Condição de funcionalidade dos PSR;• Taxa de ocorrência de falhas;• Gráfico de Pareto do tipo de defeito.	Análise de documentos e registros da empresa; Entrevistas com responsáveis por recebimento dos produtos; Observação direta
	b.3) Logística Reversa	Levantar dados como: <ul style="list-style-type: none">• Fluxos da logística reversa: fluxo de materiais e de informações;• Custos de logística reversa;	Análise de documentos e registros da empresa; Entrevistas com responsáveis; Observação direta.
	b.4) Mercado: demanda e concorrência	Determinar: <ul style="list-style-type: none">• Volume de demanda mensal do produto novo;• Volume de demanda mensal do produto remanufaturado (preço inferior; estimativa ou real);• Participação do produto novo no mercado (concorrência);	Análise de documentos e registros, especialmente da área de Vendas da empresa; Entrevistas com responsáveis

Quadro 6: Etapa de qualificação do retorno.

4.1.4 Potencialidade do negócio



Essa etapa visa determinar o potencial das oportunidades do negócio com produtos retornados, ou seja, investigar as condições atuais de tratativa para os bens que retornam seminovos. Assim, para realizar esse diagnóstico da situação atual, as opções de destino para os produtos devolvidos devem ser previamente conhecidas. Conforme já abordado na revisão bibliográfica, as possíveis destinações que podem ser consideradas e suas saídas são:

- Remanufatura tradicional – produto remanufaturado;
- Remanufatura disjuntiva – peças para produtos novos;
- Reembalagem (revenda “como está”) – produto novo¹²;
- Reciclagem – material reciclado (matéria-prima);
- Descarte – lixo.

Vale salientar ainda que, de acordo com o caso estudado, outras opções de destino podem ser identificadas e consideradas para a próxima etapa de apoio à decisão. Cada uma dessas destinações deve ser previamente analisada, por meio do levantamento das seguintes informações para cada alternativa: fluxo de material (retorno e processos), fluxo de informação, custos envolvidos, projeção de receita, impactos para o meio ambiente (leis e normas) e influência na construção de uma “imagem verde” para a empresa. O quadro a seguir apresenta um guia das atividades da etapa de *Potencialidade do Negócio*.

¹² Neste caso, o produto retorna à fábrica sem qualquer defeito de aparência ou funcionalidade e, portanto, é reembalado e revendido como novo.

DIAGNÓSTICO – ETAPA C			
ETAPA	ATIVIDADE	TAREFAS	FORMA DE LEVANTAMENTO
c) POTENCIALIDADE DO NEGÓCIO	c.1) Destinos para os produtos retornados (cenários)	Determinar as possíveis destinações para os PSR e os “produtos finais” de cada destino.	Base nos possíveis cenários já citados pelo método.
	c.2) Estudo das opções	Determinar para cada opção: <ul style="list-style-type: none"> • Fluxo do material, desde o consumidor até o final do processo (produto novo, produto remanufaturado, vendido para reciclagem, etc.); • Fluxo de informação envolvido no processo; • Custos totais (logístico, de produção e de venda); • Receita; • Impactos para o meio ambiente e normas; • Influência na “Imagem Verde”. 	Análise de documentos e registros da empresa da área de vendas; Análise de documentos de regulamentação ambiental; Estudos de mercado; Entrevistas com responsáveis.

Quadro 7: Etapa de potencialidade do negócio.

4.1.5 Consolidação das informações do levantamento

Após a realização da terceira etapa do Diagnóstico, os dados das três etapas podem ser consolidados em um quadro para facilitar o acesso e o estudo das informações.

ETAPA	ATIV.	INFORMAÇÕES LEVANTADAS	FONTES UTILIZADAS	DATA	MELHORIAS / OBSERVAÇÕES
A	a.1				
	a.2				
	a.3				
	a.4				
B	b.1				
	b.2				
	b.3				
	b.4				
C	c.1				
	c.2				

Quadro 8: Planilha para consolidação dos dados do Diagnóstico.

O Quadro 8 deve ser preenchido com as informações levantadas pelo diagnóstico, informando quais fontes foram utilizadas na busca de dados. Por exemplo, se para o levantamento do “volume mensal de retorno” o facilitador e sua equipe usaram o sistema interno de informações da empresa, deve constar no quadro qual documento foi consultado, como também o período de referência da informação e a data de acesso. As informações mais extensas podem ser colocadas em anexo, como, por exemplo, os mapas de fluxos.

A última coluna de “Melhorias/Observações” serve para sugerir ações de melhorias para futuros trabalhos naquele item, ou somente tecer algum comentário sobre a referida tarefa realizada, seus dados ou sua fonte de levantamento. O preenchimento desse quadro também serve para realizar uma pré-seleção das informações relevantes para o próximo passo desse método. Assim, a partir dessas informações, e de outros dados que podem emergir do estudo, pode-se dar início ao processo de apoio à decisão.

4.2 APOIO À DECISÃO

O método de apoio à decisão do presente trabalho teve como base de desenvolvimento a metodologia multicritério descrita no item 2.3.1 *Apoio à decisão*. Portanto, por ser elaborado em um paradigma construtivista, seu objetivo é fornecer recomendações acerca da política de tratamento dos produtos que retornam do mercado ainda seminovos.

A metodologia de apoio à decisão a ser utilizada nesse método divide-se em três etapas distintas, conforme Figura 28: 1) *Estruturação do Problema*, 2) *Criação do Modelo Multicritério* e 3) *Avaliação dos Resultados do Modelo*.

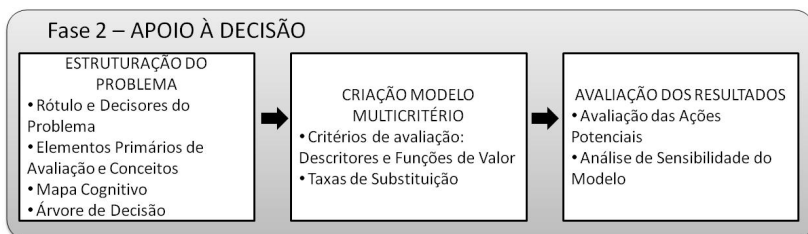
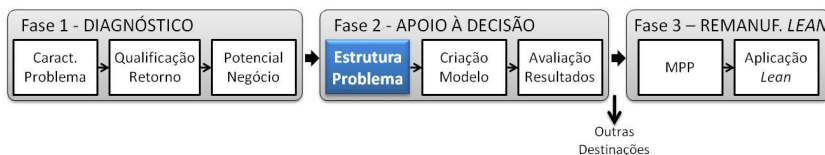


Figura 28: Etapas e atividades do Apoio à Decisão.

Os tópicos seguintes abordam as etapas descritas na Figura 28, que foram desenvolvidas com base na literatura e no estudo de caso apresentado. O desenvolvimento do modelo apresentado nos próximos

itens tem o intuito de servir como base e exemplo para a criação de um modelo específico durante a aplicação do M.A.A.P.R. em uma empresa. Desta forma, outros elementos de avaliação, critérios e valorações podem ser elaborados conforme a necessidade de cada aplicação.

4.2.1 Estruturação do problema



A primeira atividade do processo de Apoio à Decisão é a definição de um rótulo para o problema, ou seja, elaborar um nome que descreva a situação do mesmo e o objetivo do apoio multicriterial. Nesse caso, para os PSR, o seguinte rótulo pode ser usado: *Avaliação das opções de tratamento para os produtos seminovos retornados, de forma a satisfazer os objetivos estratégicos dos stakeholders do problema.*

Após a criação do rótulo, devem ser definidos os decisores para o problema, ou seja, quais são os *stakeholders* que possuem poder decisivo sobre a questão de destino aos produtos. O facilitador realizará o processo de apoio à decisão juntamente aos decisores.

A partir da definição do rótulo e dos decisores, dá-se início à construção do mapa cognitivo, que é uma forma de representar o problema. Para a criação do mapa, a primeira etapa é a definição de Elementos Primários de Avaliação (EPA). Os EPAs aqui sugeridos foram baseados nos parâmetros que foram levantados no estudo de caso apresentado no capítulo anterior, no item 3.2.5. Esses elementos dão origem aos conceitos que nortearão a decisão. Após a etapa de melhoramento e combinação, foram delimitados nove EPAs finais, a partir dos quais foram construídos nove conceitos, como ilustra o Quadro 9.

Elementos Primários de Avaliação	Conceitos e seus pólos
Custo	⇒ 1) Custo ser reduzido ... ser elevado
Investimento	⇒ 2) Necessitar de baixo investimento ... necessitar de alto
Receita	⇒ 3) Prover alta receita ... não prover
Lucro/Prejuízo	⇒ 4) Ser lucrativo ... não ser
Geração de lixo	⇒ 5) Gerar mínimo lixo ... gerar muito
Imagem verde	⇒ 6) Prover imagem verde ... não prover
Reaproveitamento de material	⇒ 7) Reaproveitar material ... não reaproveitar
Gestão	⇒ 8) Ser de fácil gestão ... não ser
Acesso às informações de defeito	⇒ 9) Obter acesso às informações de defeito ... não obter

Quadro 9: Construção de conceitos a partir dos EPAs.

Esses conceitos são constituídos de dois pólos: o primeiro e seu oposto, conforme segunda coluna do Quadro 9. Assim, a partir dos conceitos construídos, foi determinada a hierarquia entre esses conceitos e as ligações de influência, e isso, juntamente ao surgimento de novos conceitos, obteve como resultado um mapa cognitivo do problema (Figura 29). Durante a análise desse mapa foram identificados dois *clusters* ou conjuntos de nós, que auxiliam a enxergar o mapa por uma visão macroscópica.

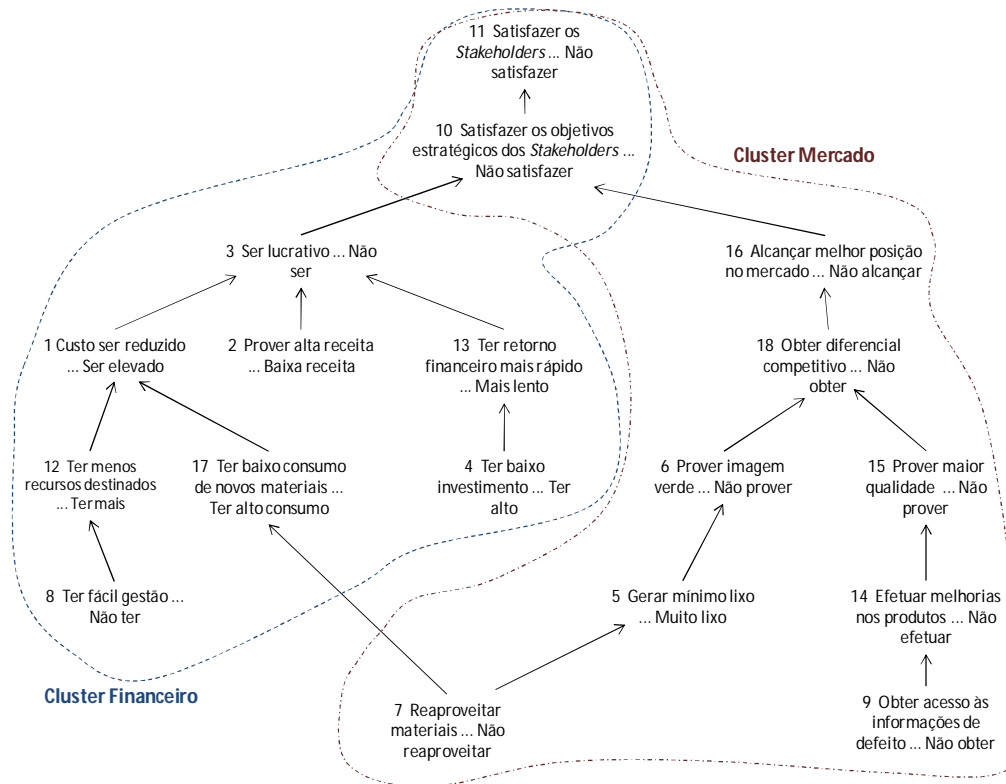


Figura 29: Mapa cognitivo do problema.

Todas as setas do mapa acima representam ligações de influência positivas, ou seja, o primeiro pólo de um conceito influencia o primeiro pólo do outro, assim como ocorre com os pólos opostos. Por meio da análise avançada do mapa, foram identificadas as linhas de argumentação (cadeia de conceitos) e ramos (conjunto de uma ou mais linhas de argumentação). A partir desses ramos, foram determinados os Pontos de Vista Fundamentais (PVF), que são os aspectos fundamentais para avaliar as ações potenciais (Quadro 10).

<i>Cluster</i>	Ramos	Linhas de Argumentação	Sequência de Conceitos
Financeiro	B ₁	A ₁	(C ₈) ⇒ (C ₁₂) ⇒ (C ₁) ⇒ (C ₃) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)
		A ₂	(C ₇) ⇒ (C ₁₇) ⇒ (C ₁) ⇒ (C ₃) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)
Financeiro	B ₂	A ₃	(C ₂) ⇒ (C ₃) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)
Financeiro	B ₃	A ₄	(C ₄) ⇒ (C ₁₃) ⇒ (C ₃) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)
Mercado	B ₄	A ₅	(C ₇) ⇒ (C ₅) ⇒ (C ₆) ⇒ (C ₁₈) ⇒ (C ₁₆) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)
Mercado	B ₅	A ₆	(C ₉) ⇒ (C ₁₄) ⇒ (C ₁₅) ⇒ (C ₁₈) ⇒ (C ₁₆) ⇒ (C ₁₀) ⇒ (C ₁₁)

Quadro 10: Ramos e linhas de argumentação do Mapa Cognitivo.

De cada ramo emergiu um candidato a PVF, totalizando cinco candidatos, como segue: do ramo B₁ ⇒ Custo; do ramo B₂ ⇒ Receita; do ramo B₃ ⇒ Investimento; do ramo B₄ ⇒ Produção de Resíduos; e, por fim, do ramo B₅ ⇒ Acesso às informações de defeito. Esses candidatos podem ser organizados na forma de uma arborescência.

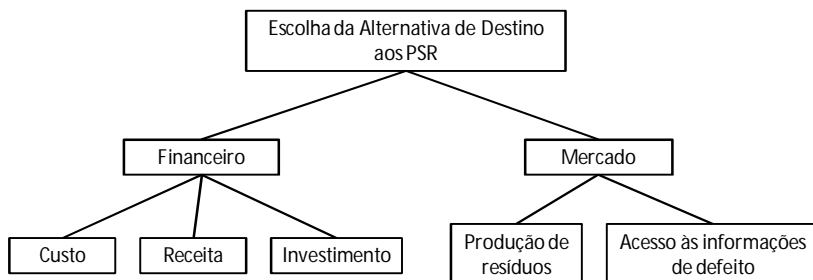


Figura 30: Arborescência de candidatos a Pontos de Vista.

A precisa definição dos candidatos a PVFs apresentados na Figura 30 é:

- **Custo:** avalia os custos relacionados à alternativa, como custos logísticos, de produção (matéria-prima, mão-de-obra e despesas gerais), vendas, administrativos, impostos, ambientais e outros;
- **Receita:** avalia as receitas provindas da alternativa, por meio da multiplicação do preço de venda do produto (novo, “como está”, remanufaturado, etc.) pelo volume de demanda;
- **Investimento:** avalia os investimentos realizados em área, máquinas, equipamentos e ferramentas para cada alternativa;
- **Produção de resíduos:** avalia a quantidade (volume e peso) e a periculosidade dos resíduos industriais produzidos referentes à escolha da ação potencial;
- **Acesso às informações de defeito:** avalia o grau de acesso à quantidade, tipos e causas dos defeitos, possibilitando o repasse dessas informações às outras áreas responsáveis da empresa, fornecendo um *feedback* do retorno.

Para obter a família de pontos de vista fundamentais, os candidatos à PVFs foram avaliados quanto às propriedades recomendadas por Ensslin, Montibeller e Noronha (2001). Essas propriedades exigem que o candidato a PVF seja: essencial, controlável, completo, mensurável, operacional, isolável, não-redundante, conciso e compreensível. Desta forma, após essa verificação, decidiu-se analisar os candidatos a PVF “Custo”, “Receita” e “Investimento” juntamente em um só PVF, que representa uma Análise Custo-Benefício da ação

potencial. Esse PVF é dividido em três horizontes (um, três e cinco anos) de análise dos impactos financeiros para as ações potenciais. Já o candidato a PVF “Produção de Resíduos” será avaliado por meio de dois pontos de vista elementares (PVE) isoláveis: quantidade de resíduos – avaliado por dois subPVEs - e periculosidade dos mesmos. Desta forma, a árvore que dará origem ao método de diagnóstico multicritério será a seguinte:

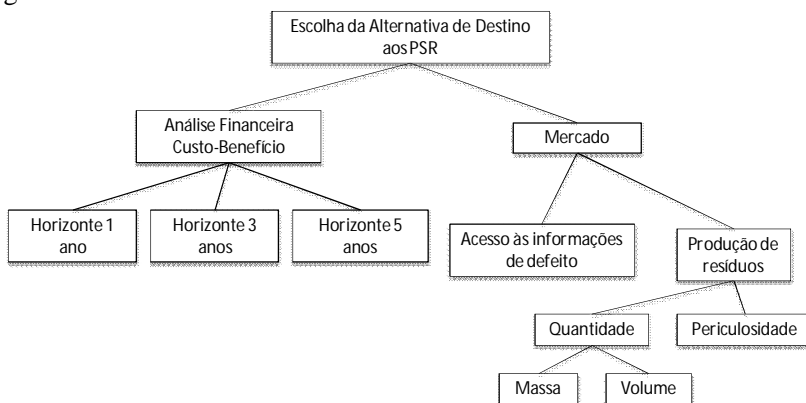


Figura 31: Arborescência de Pontos de Vista Fundamentais.

Com a árvore de decisão montada, pode-se dar início à estruturação do modelo multicritério específico. Para isso, no tópico seguinte, faz-se a aplicação passo a passo dessa etapa. Os passos seguintes, portanto, devem ser realizados para cada empresa em seu contexto decisório específico de retorno de produtos.

4.2.2 Criação do modelo multicritério



Conforme recomendações de Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), algumas etapas para analisar um contexto decisório devem ser específicas para cada caso. Desta forma, os passos seguintes são:

- Definição dos Critérios (descritores e funções de valor);
- Definição das Taxas de substituição.

Essas etapas estão descritas nas seções seguintes, a fim de se chegar a um modelo multicritério específico de um caso.

4.2.2.1 Definição dos critérios de avaliação

Para viabilizar a avaliação das ações potenciais, é necessário construir um critério de avaliação em cada ponto de vista, que é constituído de um descritor e uma função de valor (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

A partir dos PVFs da árvore são determinados os descritores para constituir um critério. Para os horizontes de análise financeira, obteve-se os seguintes descritores:

- Horizonte 1: esse PVF analisa uma previsão de retorno operacional referente à ação potencial descontando o valor de investimento para tal, para o período de um ano. O descritor para o horizonte 1 é construído e contínuo, medido em quantidade monetária, dividido em cinco níveis de impacto.
- Horizonte 3: analisa a mesma previsão como o horizonte 1, porém para três anos. Seu descritor também é construído e contínuo medido em quantidade monetária, dividido em cinco níveis.
- Horizonte 5: segue a mesma linha de análise dos horizontes anteriores, porém para o período de cinco anos. O descritor do horizonte 5 é também construído e contínuo, medido em quantidade monetária, em cinco níveis como os horizontes anteriores.

Para os três horizontes, os descritores devem ser medidos por meio de projeções de financeiras, considerando a receita e os custos operacionais referentes ao retorno de produtos e à ação escolhida, como também os investimentos despendidos no tempo, conforme tabela a seguir.

Tabela 2: Modelo de Fluxo de Caixa projetado para cinco anos.

Fluxo de Caixa Projetado					
Contas	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V
(=) Disponibilidade Inicial (DI)	DI1	DI2 = FC1	DI3 = FC2	DI4 = FC3	DI5 = FC4
(+) Entradas Operacionais (receitas provindas da alternativa) (E)	E1	E2	E3	E4	E5
	$S1 = CPV1 + DA1 + DV1 + I/C1$	$S2 = CPV2 + DA2 + DV2 + I/C2$	$S3 = CPV3 + DA3 + DV3 + I/C3$	$S4 = CPV4 + DA4 + DV4 + I/C4$	$S5 = CPV5 + DA5 + DV5 + I/C5$
(-) Saídas Operacionais (S)					
(-) Custo dos produtos vendidos (logística reversa, custos de produção) (CPV)	CPV1	CPV2	CPV3	CPV4	CPV5
(-) Despesas administrativas (DA)	DA1	DA2	DA3	DA4	DA5
(-) Despesas com vendas (DV)	DV1	DV2	DV3	DV4	DV5
(-) Impostos e Contribuições (I/C)	I/C1	I/C2	I/C3	I/C4	I/C5
(=) Resultado Operacional (RO)	$RO1 = E1 - S1$	$RO2 = E2 - S2$	$RO3 = E3 - S3$	$RO4 = E4 - S4$	$RO5 = E5 - S5$
(-) Investimentos (I)	I1	I2	I3	I4	I5
(=) Resultado Caixa do exercício (RC)	$RC1 = RO1 - I1$	$RC2 = RO2 - I2$	$RC3 = RO3 - I3$	$RC4 = RO4 - I4$	$RC5 = RO5 - I5$
(=) Fluxo de caixa acumulado (FC)	$FC1 = RC1 + DI1$	$FC2 = RC2 + DI2$	$FC3 = RC3 + DI3$	$FC4 = RC4 + DI4$	$FC5 = RC5 + DI5$

Horizonte 1

Horizonte 3

Horizonte 5

Fonte: Baseado em (HELFERT, 2000).

As saídas operacionais também podem incluir outros custos, como as despesas com resíduos, segundo políticas sobre a produção e tratamento desses resíduos.

Os níveis de impacto máximo e mínimo de cada horizonte são definidos como *nível 5* para o mais atrativo (melhor possível) e *nível 1* para o menos atrativo (pior possível). Após a definição dos valores monetários para os cinco níveis de cada horizonte, deve-se escolher um nível considerado “bom” e outro considerado “neutro” do descritor.

Após a determinação dos descritores dos horizontes 1, 3 e 5, as funções de valor são definidas para ordenar a intensidade de preferência entre ações potenciais, ou seja, fornecendo uma diferença de atratividade. As funções de valor devem ser definidas conforme indica o método do item 2.3.1.3 da revisão bibliográfica, o que resultaria em valores conforme o Quadro 11.

Critério <i>Horizonte i</i> (1, 3 ou 5)				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Função de Valor Transformada
N ₅		Valor do Fluxo de Caixa do <i>Horizonte i</i> para o Nível Máximo (melhor possível)	100	Valor maior que 100
N ₄	Bom	Valor intermediário	Valor entre 0 -100	100
N ₃		Valor intermediário	Valor entre 0 -100	Valor entre 0 e 100
N ₂	Neutro	Valor intermediário	Valor entre 0 -100	0
N ₁		Nível Mínimo (pior possível)	0	Valor menor que 0

Quadro 11: Critério *Horizonte i*.

Vale ressaltar que os valores das funções não foram definidos no quadro anterior pois cabe ao facilitador e seu grupo de decisores determinar esses valores para cada caso específico. Logo, os próximos quadros apresentados aqui também tomarão esse preceito.

No *cluster* de mercado, o PVF “Acesso às informações de defeito” pode ter como descritor três níveis de obtenção de informação: baixo, médio e alto. Desses três níveis, o nível “médio” pode ser considerado o nível “neutro” e o nível “alto” pode ser considerado como “bom”, conforme ilustra a Figura 32.

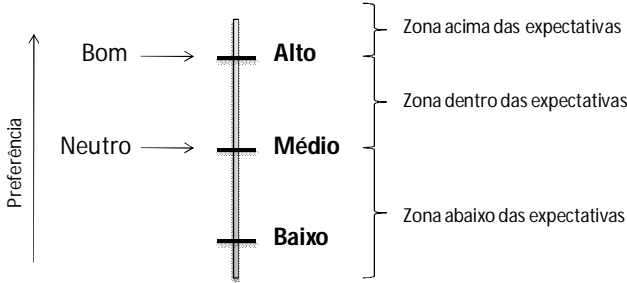


Figura 32: Descritor do PVF *Acesso às informações de defeito*.

Da mesma forma que foi realizado para os critérios *horizonte 1*, *horizonte 3* e *horizonte 5*, devem ser atribuídas funções de valor aos níveis de impacto, as quais serão transformadas posteriormente ao se

associar o valor zero ao nível “neutro” e o valor cem ao nível “bom” (Quadro 12).

Critério Acesso às informações de defeito				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Função de Valor Transformada
N ₃	Bom	Alto (Nível Máximo - melhor possível)	100	100
N ₂	Neutro	Médio (Valor intermediário)	Valor entre 0 - 100	0
N ₁		Baixo (Nível Mínimo - pior possível)	0	Valor menor que 0

Quadro 12: Critério Acesso às informações de defeito.

Conforme ilustra a Figura 31 (árvore de decisão), o PVE “Quantidade” do PVF “Produção de Resíduos” deve ser avaliado por meio de dois subPVEs. O primeiro deles é o que representa a quantidade de resíduos em termos de “massa”. Seu descritor, que será direto e contínuo medido em *kg*, possuirá cinco níveis de impacto a serem definidos na utilização do método, assim como a determinação dos níveis “bom” e “neutro”. O segundo subPVE do PVE “Quantidade” é o “Volume”, que pode ser medido em *metros cúbicos (m³)* e terá, da mesma forma, cinco níveis de impacto a serem determinados. Assim, os subcritérios *Massa* e *Volume* são abordados da seguinte forma (Quadro 13):

Subcritério <i>Massa</i>				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Função de Valor Transformada
N ₅		Valor em kg mínimo (melhor possível)	100	Valor maior que 100
N ₄	Bom	Valor intermediário (kg)	Valor entre 0 e 100	100
N ₃		Valor intermediário (kg)	Valor entre 0 e 100	Valor entre 0 e 100
N ₂	Neutro	Valor intermediário (kg)	Valor entre 0 e 100	0
N ₁		Valor em kg máximo (pior possível)	0	Valor inferior a 0
Subcritério <i>Volume</i>				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Função de Valor Transformada
N ₅		Valor em m ³ mínimo (melhor possível)	100	Valor maior que 100
N ₄	Bom	Valor intermediário (m ³)	Valor entre 0 e 100	100
N ₃		Valor intermediário (m ³)	Valor entre 0 e 100	Valor entre 0 e 100
N ₂	Neutro	Valor intermediário (m ³)	Valor entre 0 e 100	0
N ₁		Valor em m ³ máximo (pior possível)	0	Valor inferior a 0

Quadro 13: Subcritérios *Massa* e *Volume*.

Por fim, para o PVE “Periculosidade” dos resíduos gerados, foram determinados três níveis de impacto, de acordo com a norma NBR 10.004:

- Alto: maior concentração de resíduos classe I ou perigosos (aqueles que apresentam risco à saúde pública ou ao ambiente, apresentando uma ou mais das propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade);

- Médio: maior concentração de resíduos classe II ou não-inertes (aqueles não considerados como classe I ou III e que podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade), sendo esse nível considerado como o nível “neutro”;
- Baixo: maior concentração de resíduos classe III ou inertes (aqueles que não têm nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas), sendo esse nível considerado como “bom”.

Assim, o descritor com os níveis “bom” e “neutro” apresenta-se da seguinte forma:

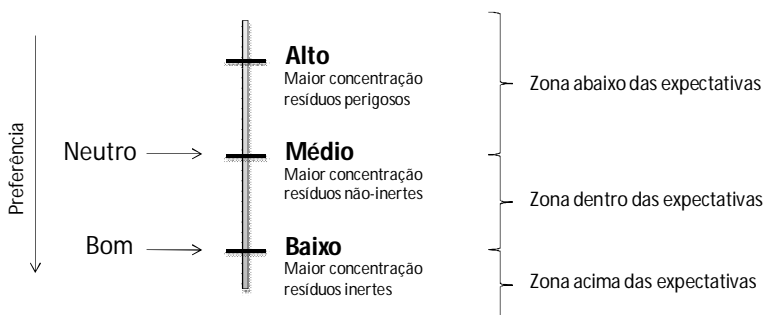


Figura 33: Descritor do PVE *Periculosidade*.

Associando esse descritor a uma função de valor, tem-se o subcritério *Periculosidade* como segue:

Subcritério <i>Periculosidade</i>				
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição	Função de Valor	Função de Valor Transformada
N ₃	Bom	Maior concentração de resíduos inertes	100	100
N ₂	Neutro	Maior concentração de resíduos não-inertes	Valor entre 0 -100	0
N ₁		Maior concentração de resíduos perigosos	0	Valor menor que 0

Quadro 14: Subcritério *Periculosidade*.

Desta forma, uma vez definida a função de valor associada a um descritor, considera-se construído um critério de avaliação para um dado Ponto de Vista. E esse critério é a ferramenta que permite mensurar o desempenho das ações potenciais.

Entretanto, ainda é necessário realizar essa mensuração de cada critério de forma global, ou seja, deve-se estabelecer uma taxa de substituição para cada critério.

4.2.2.2 Definição das taxas de substituição

As taxas de substituição possibilitam a conversão de valores locais dos critérios em valores globais, considerando todos os critérios (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Para essa pesquisa, foi adotado o método de determinação *Swing Weights*, no qual saltos de performance são medidos e comparados, conforme abordado no item 2.3.1.3. Esse método deve ser feito no sentido de baixo para cima da árvore de decisão. A Figura 34 apresenta um esquema “passo a passo” para a determinação das taxas de substituição.

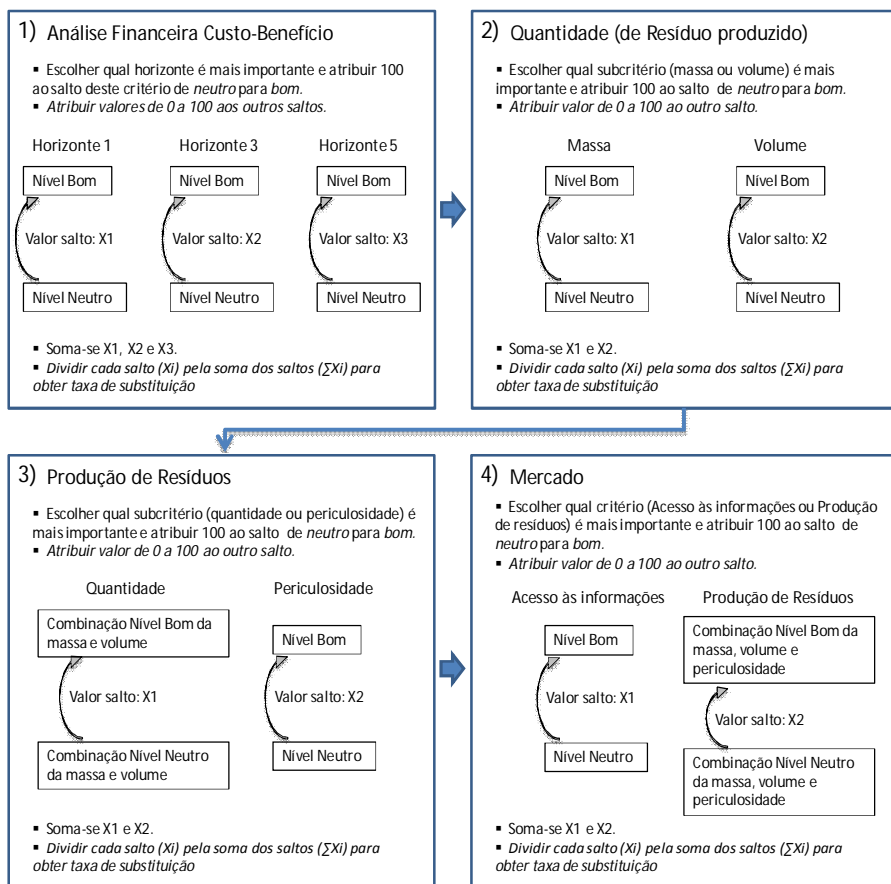


Figura 34: Passo a passo para determinação das taxas de substituição.

Por fim, ainda faltará determinar as taxas de substituição entre os critérios *Análise Financeira* e *Mercado*. Deve-se seguir os mesmos passos descritos anteriormente, porém, para facilitar a análise, pode-se utilizar saltos onde apenas o critério abaixo mais preferível é considerado. Por exemplo, ao determinar o salto do critério “Análise financeira”, considerar apenas um dos critérios “Horizonte” que tenha maior “peso” variando do nível *neutro* para *bom*.

Ao final dessa etapa de definição das taxas de substituição, têm-se o modelo multicritério específico de um caso. A seguir, um exemplo

meramente ilustrativo de um modelo específico como resultado desse método:

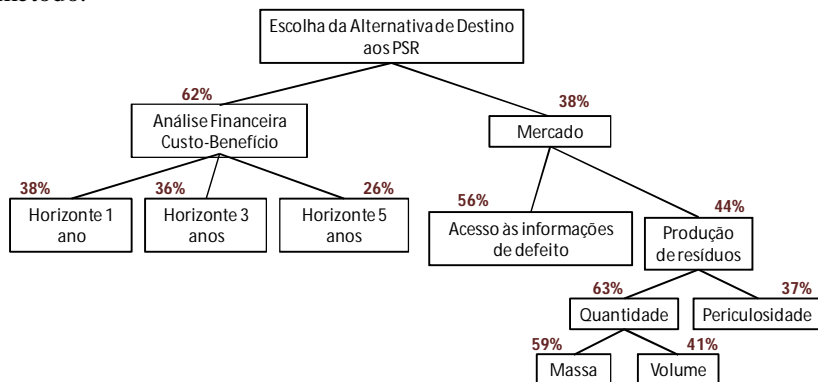
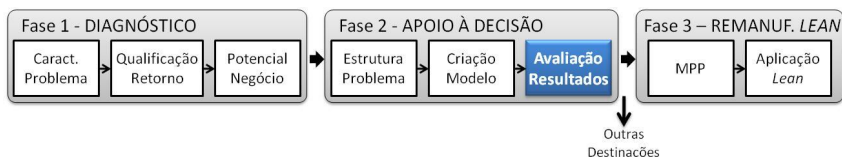


Figura 35: Árvore de decisão multicriterial com taxas de substituição.

Pode-se observar no exemplo da Figura 35 que a soma das porcentagens de cada nível de avaliação da árvore é igual a 100. Com a árvore de decisão completa, o próximo passo é avaliar o desempenho de cada ação potencial (remanufatura tradicional, remanufatura disjuntiva, reembalagem, reciclagem e descarte).

4.2.3 Avaliação dos resultados do modelo



Para realizar a avaliação dos resultados do modelo multicritério criado, deve-se fazer uma avaliação das ações potenciais seguida de uma análise de sensibilidade do mesmo.

4.2.3.1 Avaliação das ações potenciais

Para avaliar as ações potenciais (alternativas) é preciso identificar qual o desempenho da ação potencial em cada um dos critérios e subcritérios do modelo (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

O primeiro passo é avaliar localmente as ações. Para isso, em cada ação potencial, deve-se alocar seu desempenho nos níveis de impacto e funções de valor de cada critério e subcritério. Por exemplo, a

ação “*Remanufatura Tradicional*” pode ter desempenho *alto* no critério “Acesso às informações de defeito”, o que corresponde a uma função de valor (transformada) igual a 100. Assim, a “nota” dessa ação nesse critério é 100.

Com os valores dos desempenhos de todas as ações em todos os critérios, pode-se construir um gráfico comparativo das ações (respectivas notas em cada critério), como uma primeira forma de análise e auxílio para a tomada de decisão. Uma segunda forma de analisar o problema é criar a fórmula de agregação aditiva, que determina o valor global de uma ação por meio da utilização do desempenho da ação em todos os critérios multiplicados pelas respectivas taxas de substituição. A soma dessas multiplicações gera o valor global. Essa fórmula deve ser aplicada para cada nó da árvore de decisão, como no exemplo da Figura 36.

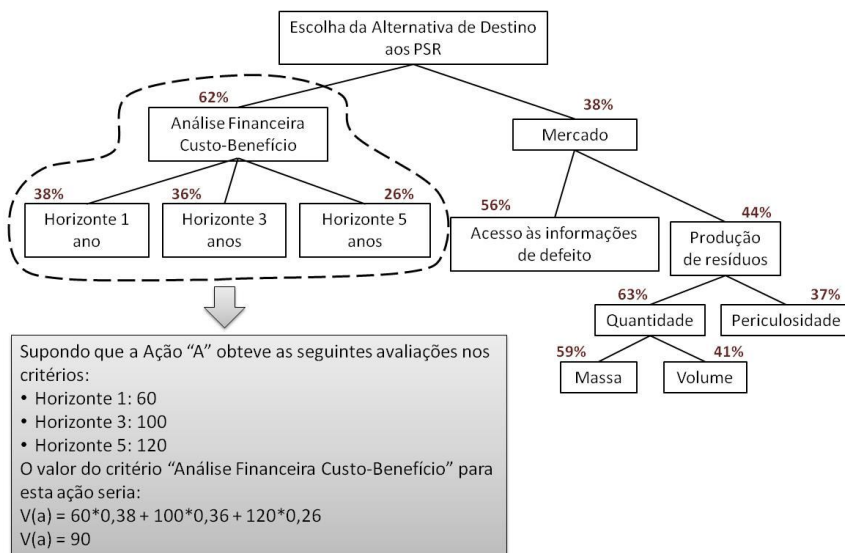


Figura 36: Exemplo de valoração de uma ação para um nó da árvore de decisão.

E assim, para obter o valor global da ação, realiza-se esse passo para todos os nós da árvore, começando de baixo para cima. Ao final das análises globais de todas as ações potenciais, pode ser construído um gráfico de avaliação global que compara as “notas” finais de cada ação, conforme ilustra a Figura 37, com dados fictícios.

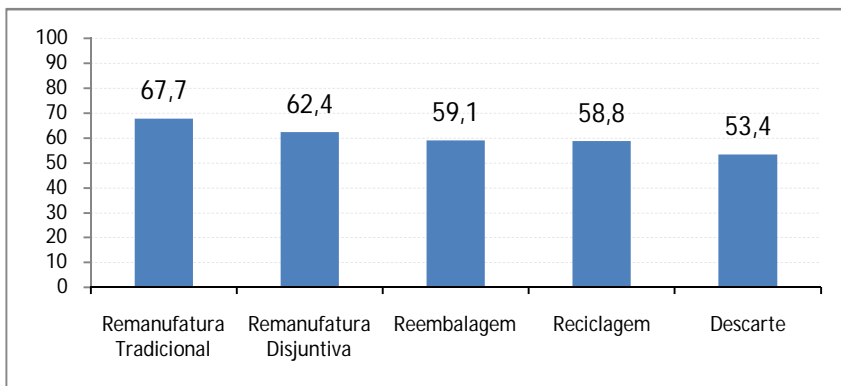


Figura 37: Exemplo de gráfico dos valores globais das ações potenciais.

Vale ressaltar que a metodologia para o apoio à decisão – que tem por objetivo gerar um modelo multicritério para o retorno de produtos – é baseada no paradigma construtivista, e portanto, não busca identificar uma solução ótima ou melhor solução. Seu principal objetivo é fazer com que os decisores obtenham um conhecimento mais aprofundado do problema, assim como identificar as possibilidades de aperfeiçoamento.

Desta forma, a última etapa desse método é analisar a sensibilidade do modelo construído, pois, conforme já abordado anteriormente, os parâmetros não possuem valores exatos uma vez que são provindos de julgamentos e o apoio à decisão é um processo evolutivo.

4.2.3.2 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade do modelo consiste na alteração dos valores dos parâmetros utilizados e observação das suas implicações no resultado final (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Durante uma construção de um modelo multicritério, existem possíveis fontes de imprecisão. As fontes consideradas mais relevantes para essa pesquisa são:

- Toda representação da realidade, como nesse caso um modelo, envolve muitas simplificações, podendo, portanto, apresentar algumas imprecisões;
- O modelo aqui apresentado é dotado de previsões financeiras e, por isso, pode ter de ser adaptado em decorrência de alterações nas variáveis utilizadas. Desta

forma, as consequências da implantação de uma alternativa podem não obter um resultado exatamente conforme previsto, pois o momento de avaliação das alternativas pode ser diferente do momento de implementação;

- A medição dos níveis do critério *Acesso às informações de defeito* pode ser imprecisa uma vez que esse critério é representado por um descritor qualitativo, de difícil mensurabilidade;
- A avaliação das ações nos critérios pode ser imprecisa quando, por exemplo, não há conhecimento exato do seu desempenho. Pode ocorrer de uma ou mais ações não terem um valor exato de desempenho em um critério, mas sim, uma faixa de desempenho esperado. Logo, recomenda-se fazer duas simulações dos resultados finais da avaliação: uma considerando o valor mínimo da faixa de desempenho da ação naquele critério e outra considerando o valor máximo.

Quanto às taxas de substituição dos critérios, o resultado final pode ser alterado devido a pequenas flutuações nesses valores. E se o resultado final da avaliação sofrer grandes alterações devido a pequenas flutuações das taxas, isso significa que o modelo criado não é robusto (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Caso seja desejado alterar alguma taxa de substituição, como, por exemplo, aumentar a porcentagem de algum critério, deve-se recalcular a taxa dos outros critérios, para que a soma das porcentagens dos critérios do mesmo nível na árvore se mantenha igual a 1 ou 100%. Desta forma, para aumentar, por exemplo, a taxa do critério *Horizonte 1*, que na Figura 36 é de 38% para 42%, as outras taxas são recalculadas por meio da utilização da Equação 1 já descrita no item 2.3.1.4:

$$w_a' = \frac{w_a \cdot (1 - w_b')}{(1 - w_b)} \quad (1)$$

Onde:

w_b = taxa de substituição original do critério b .

w_b' = taxa de substituição modificada do critério b .

w_a = taxa de substituição original do critério a .

w_a' = taxa de substituição recalculada do critério a .

Assim, para o acréscimo de 38% para 42% da taxa do critério *Horizonte 1*, as novas taxas dos critérios *Horizonte 3* e *Horizonte 5* seriam:

$$w_{h3}' = [0,36*(1-0,42)]/(1-0,38) = 0,34$$

$$w_{h5}' = [0,26*(1-0,42)]/(1-0,38) = 0,24$$

Após a realização dessas correções, os desempenhos das ações potenciais devem ser recalculados e novos resultados finais podem surgir. E ainda, vale ressaltar que o método é evolutivo, no sentido que não possui um final demarcado. Existe um processo iterativo provindo de melhorias que surgem no ciclo *alterações no modelo ↔ resultados novos*, pois a geração de conhecimento proporcionada pela utilização do método instiga um processo contínuo e dinâmico.

4.2.4 Resumo passo a passo da aplicação do Apoio à decisão

Para facilitar a visualização das etapas do apoio à decisão, segue no Quadro 15 um resumo didático da aplicação da ferramenta de apoio à decisão (Fase 2 do M.A.A.P.R.) descrita anteriormente.

ETAPA	ATIVIDADES
Estruturação do Problema	<ul style="list-style-type: none"> • Determinação do rótulo e decisores para o problema; • Definição dos Elementos Primários de Avaliação (EPA); • Determinação dos Conceitos a partir dos EPAs; • Elaboração do Mapa Cognitivo; • Análise do Mapa e construção da Árvore de Decisão.
Criação do Modelo Multicritério	<ul style="list-style-type: none"> • Determinação dos descritores dos critérios (descrição, níveis de impacto, níveis “bom” e “neutro”); • Determinação das funções de valor e funções transformadas; • Definição das taxas de substituição por meio do método <i>Swing Weights</i>.
Avaliação dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Realização da avaliação local das ações potenciais; • Realização da avaliação global das ações; • Análise das possíveis fontes de imprecisão; • Possível alteração das taxas de substituição e variação do resultado final; • Possível variação no desempenho das ações e consequente variação no resultado final; • Realização de melhorias no modelo final.

Quadro 15: Resumo das etapas de aplicação do método.

Uma vez finalizadas a avaliação dos resultados e as melhorias no modelo, muitos conhecimentos e recomendações são obtidos pelo apoio à decisão associado ao diagnóstico inicial. Caso essas recomendações sejam em direção à remanufatura, algumas orientações devem ser seguidas para evitar as consequências das particularidades do ambiente de recuperação de produtos. O próximo item traz algumas orientações *lean* para um sistema de remanufatura que são fruto da revisão da teoria junto a conhecimentos adquiridos no estudo de caso.

4.3 ORIENTAÇÕES *LEAN* PARA REMANUFATURA

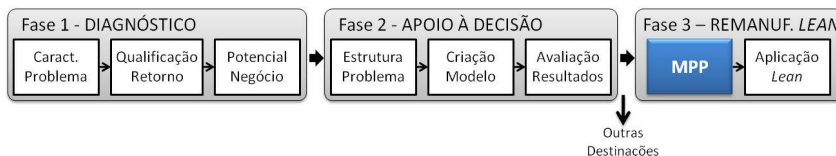
O objetivo de se projetar um sistema de manufatura é criar uma entidade física que minimize o consumo de recursos não-depreciáveis, como materiais e mão-de-obra, e ao mesmo tempo satisfaça as necessidades funcionais específicas do projeto do sistema e as necessidades dos clientes internos e externos (HUNTER; BLACK,

2007). Na remanufatura, esse objetivo não é diferente. A questão é como estruturar um sistema de forma a adequar-se às particularidades desse tipo de produção, visto que a remanufatura precisa de flexibilidade e a variabilidade é inerente aos seus processos (KUCNER, 2008).

Conforme já abordado na revisão da literatura, o *lean* ou a produção enxuta, se aplicado à remanufatura (levando seu contexto em consideração), tende a mudar o processo de produção ao longo da dimensão de maturidade do processo, desenvolvendo flexibilidade e eficiência para criar uma nova fronteira de eficiência operacional.

Esse último tópico do método visa fornecer algumas orientações para uma Remanufatura *Lean*. Para isso, inicia-se pela classificação do contexto da remanufatura e posicionamento na Matriz Produto-Processo (MPP), baseado no trabalho de Kucner (2008). O segundo item trata de orientações *lean* para a remanufatura por meio da estrutura do pórtico do Sistema Toyota de Produção, baseando-se no estudo da variabilidade de produto.

4.3.1 Classificação e posicionamento na Matriz Produto-Processo de Kucner (2008)



Se a remanufatura – tradicional ou disjuntiva – for escolhida como destinação mais adequada aos bens que retornam de campo por “mortalidade infantil”, pode-se classificar o contexto do produto que retorna nos quatro tipos de remanufatura. Os tipos oscilam entre alta variabilidade de produto (tipo I) até baixa variabilidade de produto (tipo IV), conforme item 2.5.2.2 *Modelo de adaptação do Lean para a remanufatura de Kucner (2008) por meio da Matriz Produto-Processo* da revisão da teoria. Essa classificação é baseada nos seguintes parâmetros: volume, padronização e confiança na condição do produto que retorna, que variam de alto a baixo, conforme a Figura 38.

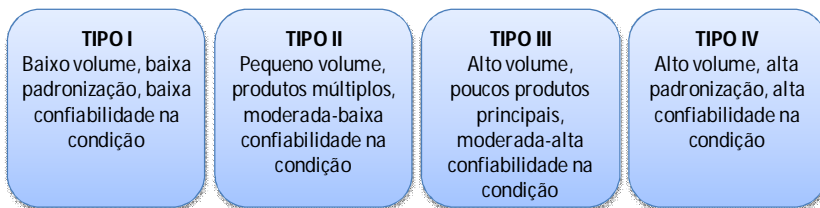


Figura 38: Tipos de contexto de remanufatura.

Fonte: Adaptado de Kucner (2008).

Portanto, de acordo com o tipo de contexto no qual se enquadra a remanufatura, as práticas do *lean* sofrem adaptações para a aplicação ao ambiente de recuperação de produtos. Desta forma, é relevante ter conhecimento da variabilidade do produto pois o contexto da remanufatura influencia na forma que o processo deve ser organizado.

Caso já exista um processo de remanufatura na empresa, a remanufatura de produtos pode ser posicionada na Matriz Produto-Processo de acordo com os quatro tipos de variabilidade do produto (dimensão ciclo de vida do produto) e também com a maturidade desse processo (ciclo de vida do processo), conforme item 2.5.2.2. Esse posicionamento provê uma visualização da atual situação do sistema em relação à diagonal da eficiência e, portanto, auxilia no direcionamento de melhorias e ações.

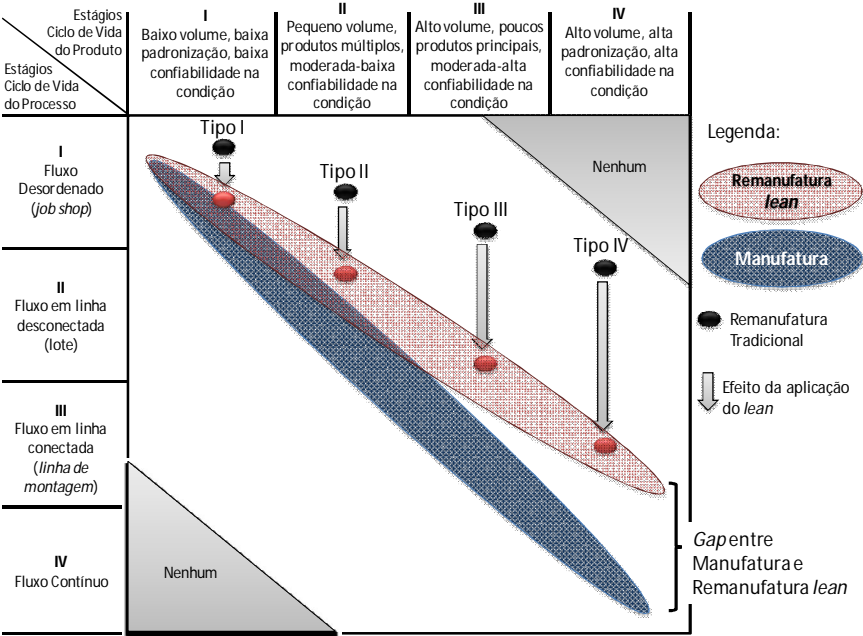
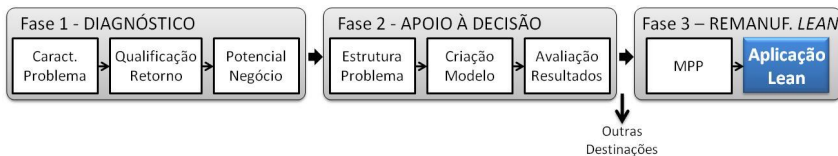


Figura 39: Efeito esperado da aplicação do *Lean* nos diferentes tipos de variabilidade.
Fonte: Adaptado de Kucner (2008).

A Figura 39 mostra uma representação do possível efeito da aplicação do *lean* nos quatro diferentes tipos de variabilidade de produto. Nota-se que o progresso dos quatro tipos deve ser em direção à diagonal da eficiência, onde geralmente se localiza a Manufatura. Entretanto, devido à instabilidade inerente ao processo de remanufatura e também a questões de escala de produção, a eficiência de uma remanufatura *lean* pode não ser a mesma de uma manufatura *lean*. Por isso, essa figura apresenta um *gap* entre as diagonais da manufatura e da remanufatura *lean*. Quanto menos variável e instável é o ambiente de recuperação de produtos, mais avanços podem ser realizados nas práticas do *lean*, como se pode notar para a variabilidade do Tipo IV. O próximo item descreve alguns métodos e orientações para o desenvolvimento de uma remanufatura enxuta.

4.3.2 Desenvolvimento de uma remanufatura enxuta



A estrutura de pórtico da manufatura enxuta (Figura 17) também pode ser utilizada para um sistema de remanufatura, onde, da mesma forma, busca-se alta qualidade, menor custo e tempo de atravessamento (*lead time*) baixo. No entanto, algumas práticas e ferramentas sofrem adaptações para o ambiente de recuperação de produtos.

No âmbito da estabilidade do sistema, deve-se considerar que a remanufatura é, em geral, um ambiente muito mais instável do que a manufatura, conforme já abordado anteriormente. Portanto, as práticas e princípios da estabilidade operacional portam-se de forma diferente para esse ambiente. Os procedimentos operacionais padrão de uma remanufatura, por exemplo, devem apresentar um caráter mais genérico, pois os processos variam de acordo com o estado dos produtos que retornam. As informações para um quadro de gestão visual também tomam uma abordagem mais generalista, com menos detalhes, apresentando, a exemplo, métricas em nível mais macro, como dados por família de produtos ao invés de dados por modelo.

Para o pilar “JIT”, pode-se afirmar que é mais complexo conseguir estabelecer um fluxo contínuo (fluxo unitário de peças) em uma remanufatura. Isso ocorre pois, no ambiente de recuperação de produtos, a estabilidade básica é comprometida, porque o volume e o *mix* de produtos que retornam são geralmente irregulares e as condições do bem retornado são oscilantes também. Entretanto, produzir em pequenos lotes e possuir um suprimento adequado (com *kits* de peças e ferramentas) para os processos pode auxiliar a remanufatura na busca de maior estabilidade. Ainda afirma-se que, uma vez concretizado um suprimento acurado de peças para a remontagem, todos os princípios da produção enxuta podem ser totalmente implementados nas fases de remontagem e teste da remanufatura (MÄHL; ÖSTLIN, 2007).

Acerca do pilar da Qualidade Construída (*Jidoka*), a remanufatura exige também práticas um pouco diferenciadas, como equipes de trabalho multifuncionais bem treinadas (pois o conteúdo de trabalho pode ser muito variável), maior desenvolvimento de comunicação utilizando *andons* mais simples para alertar anormalidades na linha ou pedir ajuda e procedimentos técnicos mais simplificados.

Outras orientações *lean* podem ser desenvolvidas com base no posicionamento do contexto da remanufatura na MPP, conforme visto no tópico anterior. Para cada um dos níveis de variabilidade, há uma prescrição de uma aplicação apropriada dos métodos do *lean*, onde os diferentes contextos são considerados. A seguir, é apresentada uma breve análise de cada princípio supracitado do Pórtico do STP em confronto com ambientes de alta e baixa variabilidade de produto, elucidando daí o papel do *lean* nesses dois extremos da dimensão de ciclo de vida do produto, baseado no trabalho de Kucner (2008), porém voltado para os PSR.

4.3.2.1 Estabilidade interna de processo em remanufatura com alta e baixa variabilidade de produto

No que tange à estabilidade básica de processo no contexto de uma remanufatura com alta variabilidade de produto, o *lean* deve criar flexibilidade nos recursos e controlar as variações quando e onde for possível. Para isso, a aplicação de células de trabalho e de trabalho padronizado nesse ambiente ajudariam a construir limites sobre as fontes de variação. Como o ambiente é instável, a padronização dos processos não seria altamente detalhada, somente o suficiente para prover flexibilidade ao processo. A equipe de produção deve ser altamente treinada, porém não especializada, e com alto grau de conhecimento para realizar reparos complexos. E ainda, para manter uma produtividade aceitável em um ambiente altamente variável, devem ser usados *buffers* de recursos estrategicamente posicionados (ferramentas, material e mão-de-obra). As irregularidades do processo devem ser alertadas por meio da gestão visual, inspirando a melhoria contínua dos processos.

No âmbito de baixa variabilidade, os métodos enxutos devem ser utilizados objetivando a padronização global e eficiência dos processos. Diferentemente das prescrições para ambiente de alta variabilidade, para a baixa variação a padronização das instruções de trabalho deve ser altamente específica, e os *buffers* reduzidos a um nível mínimo. Nesse caso, o *layout*, as ferramentas e a disposição dos materiais devem ser padronizados e localizados no ponto de uso, por meio de *kits* e sistemas puxados, quando possível. A gestão visual também auxilia não só na identificação de irregularidades, mas também na sua prevenção.

Como contribuição desta pesquisa para a estabilidade e também para o fluxo de uma remanufatura, a Figura 40 mostra uma solução típica para aplicação do *layout* celular em um sistema de remanufatura.

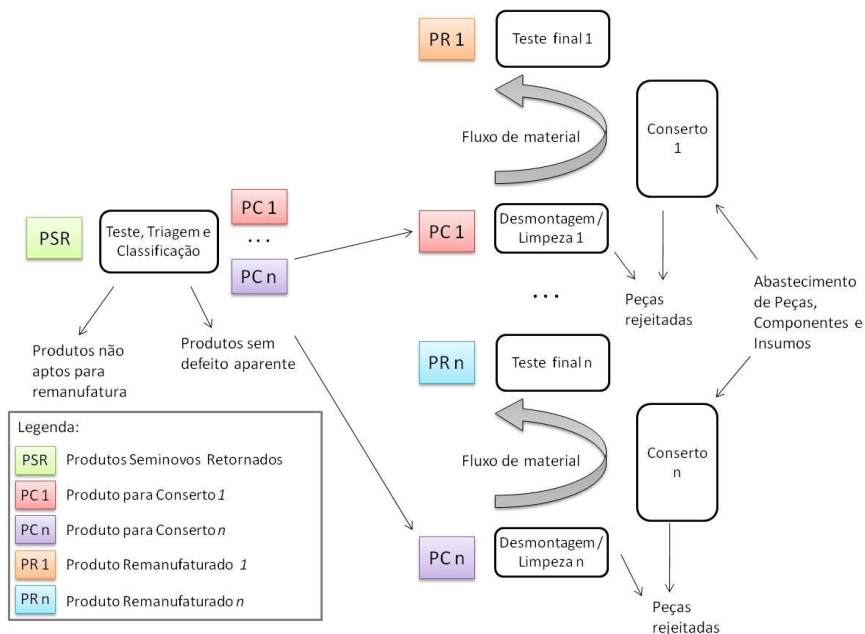


Figura 40: Aplicação de *layout* celular para a remanufatura.

Fonte: Elaborado pela autora.

Neste caso ilustrado, os *produtos seminovos retornados* (PSR) chegam a uma operação de teste inicial para verificar a ocorrência e o tipo de defeito. Posteriormente, os produtos são selecionados em remanufaturáveis ou não e classificados de acordo com seu escopo de trabalho para remanufatura nas células de recuperação (1...n). Assim, nesta etapa, alguns produtos podem ser rejeitados para descarte ou reciclagem, e os produtos sem defeito aparente podem ser encaminhados para reuso “como está” ou ainda, para outra operação de teste mais rigorosa. Os produtos para conserto (PC_i) seguem para as operações de recuperação das células, onde são desmontados, limpos, consertados e, por fim, passam por uma operação de teste final. Essa separação em células diferentes de recuperação é justificada quando há volume suficiente de retorno para os diferentes escopos de trabalho da remanufatura. Ao final de cada célula, obtém-se um produto remanufaturado (PR_i). Vale ressaltar que, neste exemplo, a verificação quanto ao funcionamento e estética do produto pode ser realizada em uma operação de teste antecedente ao processo de desmontagem, o que não ocorre para todos os bens de consumo duráveis. Esse *layout* celular

apresentado é mais adequado para remanufaturas com variabilidade de produto do tipo II ou III.

4.3.2.2 Just-in-Time (JIT) em remanufatura com alta e baixa variabilidade de produto

Em um contexto de remanufatura de alta variabilidade de produto, o JIT é necessário para dar suporte ao alto grau de flexibilidade requerido no gerenciamento e alocação de recursos. Em todos esses recursos devem ser aplicados os conceitos de “sistema puxado” e “controle de WIP”, tanto para gerenciar bem as folgas quanto para se manter o nível mínimo necessário do recurso. Em outros termos, esses conceitos auxiliam o gerenciamento do *tradeoff* entre flexibilidade e eficiência. Deve-se considerar também o nivelamento da remanufatura, o que auxilia no controle de picos e vales da utilização de recursos e processos, enquanto a redução dos tempos de *set-up* reduz as necessidades globais de recursos.

No contexto da remanufatura com baixa variedade de produto, o JIT é criado para dar suporte ao fluxo quase contínuo de componentes. Os métodos enxutos são aplicados para prover mais eficiência e especialização por meio da alocação de equipamentos, fluxo contínuo de produção, assim como gabaritos e sistemas de manuseio de materiais auxiliam na redução do tempo e do número de *set-ups*. Além disso, nesse contexto, o WIP deve ser fortemente controlado, com fluxos em FIFO.

4.3.2.3 Qualidade construída em remanufatura com alta e baixa variabilidade de produto

No ambiente com alta variabilidade de produto na remanufatura, o pilar “qualidade construída” é utilizado para reduzir as variações de processo, especialmente reduzir a variação na resposta do processo de apoio à variabilidade de processo. Uma equipe bem preparada de suporte técnico e *andons* de resposta rápida são pontos chaves para atingir bons níveis de produtividade e conter a variabilidade nesse contexto.

Já no contexto de baixa variabilidade de produto, as ferramentas da qualidade construída são usadas com uma grande especificidade e especialização para simplificar e tornar os processos produtivos à prova de erros, de maneira semelhante ao que é realizado em uma manufatura comum.

4.4 DISCUSSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS SOBRE O MÉTODO

O Capítulo 4 teve por objetivo apresentar uma proposta de um método de diagnóstico e de análise multicriterial de alternativas em um paradigma construtivista e fornecer orientações *lean* para criação de um sistema de remanufatura enxuto. Para isso, o capítulo foi dividido em três seções principais: diagnóstico, apoio à decisão e orientações à remanufatura.

O diagnóstico desse método serve como ferramenta para fornecer um detalhamento das características do retorno, a fim de traçar um “estado atual” do problema e viabilizar uma análise das alternativas de destino aos PSR. Além desse objetivo, o diagnóstico também possui outras saídas, como um direcionamento para ações de melhorias em processos e produtos.

As possíveis destinações aos PSR elencadas nesse capítulo, com base na revisão bibliográfica, devem ser tomadas como apoio para o estudo do retorno dos produtos, porém não são restritivas, uma vez que cada caso de análise pode oferecer diferentes opções de tratativa aos bens.

A árvore de decisão elaborada tem o intuito de servir como base para futuras aplicações em indústrias de bens de consumo duráveis no auxílio ao processo decisório acerca da tratativa para o produto retornado por “mortalidade infantil”. Isso significa também que essa estrutura arborescente pode sofrer alterações de acordo com o caso específico de cada empresa. Por isso, os valores das funções de valor foram deixados em aberto, pois cada aplicação pode ter valorações diferentes.

Vale ressaltar também que a alocação dos níveis “bom” e “neutro” aqui mencionadas são apenas sugestões, e portanto, podem ser alteradas conforme necessidade. Da mesma forma, as taxas de substituição apresentadas foram meramente ilustrativas, pois, conforme recomenda a bibliografia utilizada como base para o apoio à decisão, as taxas são definidas de forma específica para cada caso.

Uma das partes mais relevantes do apoio à decisão é realizar a análise de sensibilidade do mesmo, verificando assim, com maior conhecimento, as ações potenciais levantadas. É importante também salientar que esse método é iterativo e evolutivo, e por isso, afirma-se que há uma constante geração de conhecimento sobre o contexto decisório.

Por fim, pode-se afirmar que outros parâmetros podem influenciar o contexto decisório, conforme visto no Capítulo 3, como,

por exemplo, as variáveis de mercado. Essas variáveis levantadas no estudo de caso não são diretamente influenciadas pela escolha da ação potencial (alternativa), porém exercem influência no processo decisório. Por essa razão devem ser consideradas no processo de tomada de decisão.

A remanufatura é, na maioria dos casos, a opção de destino escolhida para tratar os produtos retornados, devido aos benefícios atrelados a essa alternativa. E para que essa escolha seja eficiente e flexível, o sistema de remanufatura precisa ser estruturado considerando os desafios apresentados para essa destinação, adequando as ferramentas e práticas da manufatura enxuta ao seu contexto. É dessa maneira que um sistema de remanufatura *lean* é criado, baseando-se em eficiência, qualidade e melhoria contínua.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O retorno de produtos de campo à fábrica em qualquer fase de sua vida útil é uma questão que adquire cada vez mais importância, devido às crescentes preocupações sócio-ambientais da atualidade. No Brasil, a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) responsabiliza as empresas pelo recolhimento de produtos (logística reversa), incentivando o reuso e a reciclagem. Nesse sentido, afirma-se que a responsabilidade ambiental e as novas leis trouxeram foco ao fechamento dos ciclos dos materiais, impulsionando as empresas a tomar decisões que levem em consideração questões econômicas, sociais e ambientais em relação ao retorno dos produtos.

Essa pesquisa mostrou que a fase de início de vida útil do produto apresenta alta taxa de falhas e, além disso, é nesse primeiro contato do consumidor com o produto que alguns problemas de qualidade podem ser percebidos (*gaps* da qualidade percebida). O retorno desses produtos em estado de “seminovos” ressalta a necessidade de estudar as possibilidades de destino, assim como verificar ações de melhoria para minimizar esse retorno motivado pela insatisfação do consumidor.

Partindo desses conceitos, o presente estudo objetivou desenvolver um método estruturado visando responder a questão de pesquisa, a partir dos objetivos específicos citados no Capítulo 1, baseado na teoria estudada na revisão bibliográfica e nos conhecimentos obtidos durante o estudo de caso.

5.1 OBJETIVOS ALCANÇADOS E QUESTÕES RESPONDIDAS

O Capítulo 1 trouxe os seguintes objetivos específicos, respondidos pela pesquisa:

- **Apresentar uma revisão de termos e conceitos de: falhas nos produtos, produtos retornados, remanufatura e estruturação e análise de problemas.** O Capítulo 2 apresentou os conceitos relacionados ao tema da pesquisa, como os motivos do retorno dos produtos à fábrica e a ocorrência de falhas ao longo da vida útil de um produto. Neste mesmo capítulo foram abordados e definidos termos relativos ao ambiente de recuperação de produtos e à remanufatura, assim como à metodologia de apoio à decisão, que é uma ferramenta de estruturação e análise de problemas. No final do Capítulo 2, foi constatado que, com

algumas adaptações, é possível aplicar as ferramentas enxutas (*lean*) em sistemas de remanufatura.

- **Desenvolver um método genérico para a problemática descrita, a partir de uma análise crítica dos elementos teóricos encontrados na revisão bibliográfica e dos elementos práticos encontrados em pesquisa de campo.** O Capítulo 4 apresentou a proposta de um método de diagnóstico e análise multicriterial de alternativas em um paradigma construtivista para dar apoio à decisão acerca dos *Produtos Seminovos Retornados* (PSR) e fornecer orientações *lean* para a criação de um sistema de remanufatura enxuto. O método proposto soluciona o problema de pesquisa descrito no *item 1.1*.
- **Apresentar as etapas e critérios necessários para aplicação do método.** Este terceiro objetivo foi alcançado também no Capítulo 4, onde foram apresentados os passos para a aplicação do método de maneira didática e acessível. Para melhor explanar o sequenciamento das etapas, cada tópico do método foi seguido por uma ilustração da estrutura do método, com destaque para a etapa a ser explicada subsequentemente.

Essa dissertação também solucionou outras questões levantadas no primeiro capítulo no *item 1.4*. Ao responder a estas questões, a pesquisa forneceu as seguintes informações nos respectivos capítulos:

- Cenários possíveis para produtos retornados, por meio de uma representação taxonômica – Capítulo 2;
- Fatores que influenciam na decisão de remanufaturar ou não, levantados durante o estudo de caso – Capítulo 3;
- Características e etapas do ambiente de recuperação de produtos, apresentando os prós e contras de remanufaturar os bens – Capítulo 2;
- Orientações para aumentar a qualidade e eficiência no ambiente de remanufatura, com foco na filosofia enxuta – Capítulo 2.

5.2 REFLEXÕES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA

A revisão bibliográfica deste trabalho mostrou que a ocorrência de falhas nos produtos é variável ao longo de sua vida útil, seguindo os padrões da “curva da banheira”. Desta maneira, os produtos tendem a apresentar alta taxa de retorno no início de sua vida útil, retorno este motivado por falhas ou insatisfação do consumidor. Esta alta taxa de retorno inicial foi corroborada pelo estudo de caso, onde foi constatada uma taxa de 12,6% de retorno em início de vida útil.

O estudo de caso desenvolvido em uma remanufatura anexada a uma fábrica apresentado no Capítulo 3 também ressaltou a importância do problema de pesquisa, uma vez que a empresa estudada não realizou análises ou estudos para optar por remanufaturar seus produtos. Ou seja, nenhum estudo foi realizado para determinar qual poderia ser a melhor tratativa para os PSR. Além disso, destaca-se o fato que 60% dos PSR não apresentam defeito detectável, o que pode indicar um produto não adequado às expectativas do cliente, falta de clareza nos manuais de operação, ocorrência de defeitos intermitentes ou mesmo mau uso por parte do consumidor.

Mostrando-se de acordo com a teoria levantada no Capítulo 2, o estudo de caso comprovou um ambiente de recuperação de produtos repleto de desperdícios, como a falta de padronização da logística reversa e dos processos de remanufatura, retrabalhos e excessos de estoques. Este fato ratifica que os sistemas de remanufatura ainda são “imaturos” em termos de tecnologia, qualidade e produtividade em relação à manufatura comum.

A principal contribuição teórica desta pesquisa está na criação do Método de Análise de Alternativas para Produtos Retornados (M.A.A.P.R.) exposto no Capítulo 4. O método inicia por um diagnóstico do problema de retorno, que visa fornecer o “estado atual” do tema e um embasamento para a etapa seguinte de estruturação e análise do problema. Essa segunda etapa de apoio à decisão foi baseada na metodologia de estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas, que busca a constante geração de conhecimento sobre a questão estudada, mostrando-se um processo dinâmico e evolutivo. Por fim, a terceira etapa do método trouxe orientações da filosofia enxuta para a forma mais comum de destino aos produtos retornados: a remanufatura.

Assim, na terceira etapa, foram realizadas orientações *lean*, pois, em geral, os sistemas de recuperação de produtos enfrentam diversas dificuldades provindas das particularidades desse ambiente. Essas características geram incerteza e variabilidade nesses sistemas, que ainda permanecem intocados pelos avanços em tecnologia,

produtividade e qualidade. Essas restrições associadas ao crescimento das demandas sociais e legislativas e ao conceito de sustentabilidade colocam em evidência a recuperação de produtos e a necessidade de aumentar a eficiência desse tipo de destinação aos produtos retornados.

Conforme demonstrou essa pesquisa, os princípios do *lean* podem ser aplicados à remanufatura com algumas adaptações, ou seja, não existe uma única solução enxuta ótima. A aplicação adequada do *lean* no ambiente de recuperação de produtos pode contribuir para um melhor gerenciamento do *tradeoff* entre a flexibilidade e a eficiência, transformando uma “indústria imatura” em uma remanufatura enxuta.

Por se tratar de um problema complexo, que envolve fatores subjetivos e numéricos, considera-se que o método desenvolvido pode ser adequado à questão de pesquisa, pois avalia simultaneamente critérios quantitativos e qualitativos, garantindo a abrangência diferenciada das variáveis de impacto. E ainda, o método fornece as etapas e critérios necessários para tratar de forma estratégica o problema de retorno dos bens de consumo duráveis à fábrica por “mortalidade infantil”.

Esse método também pode auxiliar na prevenção do retorno desses produtos, indicando, de maneira prévia, as causas raiz do problema durante a fase de levantamento e estudo das informações no diagnóstico. Vale ressaltar que, a fim de se aprofundar na resolução de problemas de retorno e de qualidade, devem ser utilizadas ferramentas específicas de busca de causas raiz e solução de problemas.

O método também pode identificar melhorias para o projeto do produto e para o projeto do processo da remanufatura, garantindo maior qualidade e minimizando as falhas ocorridas. Assim, sugere-se que os projetistas desenvolvam produtos que sejam mais adequados aos processos de remanufatura, capazes de serem usados e retornados sem dano, e que as partes reutilizáveis possam passar com êxito pelos processos de recuperação de forma mais econômica possível. Entretanto, esta finalidade não pode ser considerada de forma isolada de outros objetivos de projeto como montagem, função, serviço e reciclagem. Sobre a questão de projeto de processo para a remanufatura, é interessante citar que o aumento da variedade de produtos e peças devido a customização em massa - assim como a necessidade de resposta rápida à demanda do cliente - impulsiona as indústrias de remanufatura a buscar métodos mais flexíveis de processo do que os modelos convencionais em lotes.

Essas preocupações relativas a projeto podem impactar em longo prazo a imagem da empresa frente ao mercado, pois incentivam a

melhoria contínua de seus produtos e processos. E mais além, as indústrias que preveem os processos de remanufatura no projeto de seus produtos atingem um diferencial competitivo impulsionado pela “imagem verde” associada a essa preocupação. Portanto, além dos benefícios diretos da redução dos custos e da recuperação do valor agregado, a remanufatura pode fornecer às empresas outros benefícios como a “imagem verde”. Em paralelo, o crescimento dos segmentos de consumidores “verdes” representa uma oportunidade de *marketing* importante para empresas de remanufatura.

5.3 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Devido à delimitação do escopo da pesquisa, essa dissertação apresenta algumas limitações, principalmente referentes ao método desenvolvido. O método foi elaborado para o retorno de produtos originado da “mortalidade infantil” e, portanto, não considera os produtos que retornam em outras fases da vida útil. Essa restrição foi motivada pela alta taxa de retorno desses itens seminovos e também pelas diferenças encontradas entre os produtos de início e final de vida útil, o que pode implicar diferentes necessidades de tratativas para cada caso.

As limitações da pesquisa, bem como as oportunidades encontradas durante o desenvolvimento do método, criam algumas lacunas que geram sugestões para futuras pesquisas no tema estudado. Algumas sugestões para futuros trabalhos nesse assunto são:

- Aplicar o método dessa dissertação em uma indústria de bens de consumo duráveis que possui retorno de produtos causado por “mortalidade infantil”, no intuito de validar o método, assim como seu caráter genérico;
- Desenvolver um método equivalente de análise de alternativas para os produtos retornados em final de vida útil e salientar as diferenças entre os dois métodos;
- Estudar a aplicabilidade de um sistema de remanufatura *lean* em ambientes de retorno com parâmetros diversos, por exemplo, um ambiente de alta variabilidade (baixo volume e baixa padronização) e outro com baixa variabilidade (alto volume e alta padronização), e verificar a viabilidade em cada caso estudado, assim como as diferenças dos resultados;

- Desenvolver um método para realimentação de informações de qualidade obtidas pelo retorno do produto à fábrica, com indicadores de médio e longo prazo para medir os efeitos desse *feedback* em cada área – como desenvolvimento de produtos, fabricação, vendas – e no posicionamento da empresa no mercado.
- Elaborar, na área de projeto de produtos, uma metodologia de desenvolvimento de produtos visando os processos de remanufatura, desde a preocupação com os danos durante sua vida útil, processos de desmontagem e outros processos de recuperação, aplicando, se possível, o conceito de projeto modular. Sugere-se o desenvolvimento do método tendo em vista um sistema de remanufatura *lean*.

Por fim, levando-se em consideração os resultados e as conclusões dessa dissertação, e ainda analisando as tendências da remanufatura mundial, pode-se afirmar que essa pesquisa oferece importantes contribuições para o meio empresarial assim como para o meio acadêmico. O método proposto é uma importante ferramenta para impulsionar a melhoria contínua e criar diferenciais competitivos para aquelas empresas que vislumbram alcançar uma liderança associada a uma imagem “verde”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, J. S.; SOHN, S. Y. Customer Pattern Search for After-sales Service in Manufacturing. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 5371-5375, abr., 2009.

AMEZQUITA, T.; BRAS, B. Lean Remanufacture of an Automobile Clutch. In: INTERNATIONAL WORKING SEMINAR ON REUSE, 1, 1996, Eindhoven. **Proceedings**. Eindhoven: International Working Seminar, 1996. 35-52.

ATASU, A.; SARVARY, M.; VAN WASSENHOVE, L. N. Remanufacturing as a Marketing Strategy. **Management Science**, v. 54, n. 10, p. 1731-1746, out., 2008.

BRAS, B.; MCINTOSH, M. W. Product, Process, and Organizational Design for Remanufacture: an Overview of Research. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 15, n. 3, p. 167-178, jun., 1999.

CLEGG, A. J.; WILLIAMS, D. J.; UZSOY, R. Production Planning For Companies With Remanufacturing Capability. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONICS AND THE ENVIRONMENT, 1995, Orlando. **Proceedings**. Orlando: ISEE, 1995. 186-191.

DANIEL, V.; GUIDE JR., R. Production Planning and Control for Remanufacturing: Industry Practice and Research Needs. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 4, p. 467-483, jun., 2000.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. Florianópolis: Ed. Insular, 2001.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUIDE Jr, V. D. R. Production Planning and Control for Remanufacturing: industry practice and research needs. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 4, p. 467-483, 2000.

GUIDE Jr, V. D. R.; JAYARAMAN, V.; LINTON, J. D. Building Contingency Planning for Closed-loop Supply Chains With Product Recovery **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 3, p. 259-279, maio, 2003.

GUIDE Jr, V. D. R.; JAYARAMAN, V.; SRIVASTAVA, R. Production Planning and Control for Remanufacturing: A State-of-the-art Survey. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 15, n. 3, p. 221-230, jun., 1999.

GUIDE Jr., V. D. R.; SOUZA, G. C.; VAN DER LAAN, E. Performance of Static Priority Rules for Shared Facilities in a Remanufacturing Shop with Disassembly and Reassembly. **European Journal of Operational Research**, v. 164, n. 2, p. 341-353, jul., 2005.

HAMMOND, R.; AMEZQUITA, T.; BRAS, B. A. Issues in the Automotive Parts Remanufacturing Industry: Discussion of Results from Surveys Performed among Remanufacturers. **International Journal of Engineering Design and Automation – Special Issue on Environmentally Conscious Design and Manufacturing**, v. 4, n. 1, p. 27-46, 1998.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our Competitive Edge**: competing through manufacturing. Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1984.

HELFERT, E. A. **Técnicas de Análise Financeira**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

HUNTER, S. L.; BLACK, J. T. Lean Remanufacturing: a Cellular Case Study. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 6, n. 2, p. 129–144, dez., 2007.

IJOMAH, W. L.; BENNETT, J. P.; PEARCE, J. Remanufacturing: Evidence of Environmentally Conscious Business Practice in the UK. In: International Symposium On EcoDesign, 1, 1999, Tokyo. **Proceedings**. Tokyo: Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 1999. 192-196.

IJOMAH, W. L.; CHILDE, S. J. A Model of the Operations Concerned in Remanufacture. **International Journal of Production Research**, v. 4, n. 24, p. 5857-5880, dez., 2007.

IJOMAH, W. L., et al. Development of Design for Remanufacturing Guidelines to Support Sustainable Manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 23, n. 6, p. 712-719, dez., 2007.

JOHANSSON, P.; OLHAGER, J. Linking Product–Process Matrices for Manufacturing and Industrial Service Operations. **International Journal of Production Economics**, v. 104, n. 2, p. 615-624, dez., 2006.

KUCNER, R. J. **A Socio-Technical Study of Lean Manufacturing Deployment in the Remanufacturing Context**. 2008. 290 f. Tese (Doutorado em Industrial and Operations Engineering) - Department of Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, Detroit, 2008.

LAGE Jr, M. Proposição de um Jogo Didático para o Ensino-Aprendizagem das Diferenças entre Manufatura e Remanufatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008.

LIKER, J. **O Modelo Toyota**: 14 princípios da gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LINDAHL, M., et al. Concepts and Definitions for Product Recovery: Analysis and Clarification of the Terminology Used in Academia and Industry. In: CIRP INTERNATIONAL SEMINAR ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 12, 2005, Grenoble. **Proceedings**. Grenoble: Springer, 2005. 123–138.

MÄHL, M.; ÖSTLIN, J. **Lean Remanufacturing: Material Flows at Volvo Parts Flen**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Business Studies) - Department of Business Studies, Uppsala University, Uppsala, 2007.

MARTEL, J. M. L'aide Multicritère à la Décision: méthodes et applications. In: CORS - SCRO 1999 ANNUAL CONFERENCE, 41, 1999, Windsor. **Proceedings**. Windsor: Faculté des sciences de l'administration, 1999. 1-6.

MIRANDA, V. U. P. C. Construtivismo e Racionalismo como Paradigmas para Modelos de Tomada de Decisão Estratégica. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 5, n. 2, p. 1-15, 2006. Disponível em: <http://www.facef.br/rea/edicao09/ed09_art02.htm>. Acesso em: 22/04/2010.

ÖSTLIN, J.; EKHOLM, H. Lean Production Principles in Remanufacturing: A Case Study at a Toner Cartridge Remanufacturer. In: IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2007, Orlando. **Proceedings**. Orlando: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2007. 216-221.

ÖSTLIN, J.; SUNDIN, E.; BJÖRKMAN, M. Product Life-Cycle Implications for Remanufacturing Strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 11, p. 999-1009, jul., 2009.

PARKINSON, H. J.; THOMPSON, G. Analysis and Taxonomy of Remanufacturing Industry Practice. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering**, v. 217, n. 3, p. 243-256, 2003.

_____. Systematic Approach to the Planning and Execution of Product Remanufacture. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering**, v. 218, n. 1, p. 1-13, 2004.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3.ed. Sao Paulo: Atlas S. A., 1999.

SACCANIA, N.; JOHANSSON, P.; PERONNA, M. Configuring the after-sales service supply chain: A multiple case study. **International Journal of Production Economics**, v. 110, n. 1-2, p. 52-69, out., 2007.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4.ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008.

SUBRAMONIAM, R.; HUISINGH, D.; CHINNAM, R. B. Remanufacturing for the Automotive Aftermarket-strategic Factors: literature review and future research needs. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 13, p. 1163-1174, set., 2009.

SUNDIN, E. How Can Remanufacturing Processes Become Leaner? In: CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CICLE ENGINEERING, 13, 2006, Leuven. **Proceedings**. Leuven: Conference on Life Engineering, 2006. 429-434.

_____. **Product and Process Design for Successful Remanufacturing.** 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos) - Department of Mechanical Engineering, Linköpings Universitet, Linköping,, 2004.

WADHWA, S.; MADAAN, J. A Multi Criteria Decision Model for Alternative Selection in Reverse Logistics System. **Studies in Informatics and Control**, v. 16, n. 3, p. 271-282, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** 5.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de Caso:** Planejamento e Métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE

PROTOCOLO PARA ESTUDO DE CASO

O protocolo é uma das táticas principais para aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e destina-se a orientar o pesquisador ao realizar a coleta de dados a partir de um estudo de caso único.

Este protocolo é composto por quatro partes: visão geral do projeto, procedimentos de campo, questões de estudo de caso e guia para relatório, sendo este último a redação da dissertação.

1. Visão geral do projeto de estudo de caso

O presente estudo de caso será realizado em uma empresa fabricante de bens de consumo duráveis que recebe produtos que voltam de campo por apresentarem defeito logo no início de sua vida útil. Portanto, o estudo será realizado visando colher subsídios para a elaboração de um método para avaliar os cenários para os produtos que retornam de campo por falha na etapa inicial de vida.

Para isso, as principais evidências que serão coletadas são:

- Tipos de produtos fabricados, produtos retornados e causas;
- Volumes de retorno de produtos e frequência;
- Taxa de retorno;
- Estado geral do bem retornado;
- Fluxo de remanufatura de produtos (processos);
- Elementos ou parâmetros de influência no contexto decisório (escolha de alternativas);
- Particularidades do ambiente de remanufatura.

Pessoas envolvidas:

UFSC – pesquisador (mestranda) e orientador.

Empresa – Operadores de remanufatura, Supervisor de remanufatura e Gerente de remanufatura e qualidade.

Locais de estudo:

Empresa – Pós-venda, chão de fábrica da remanufatura e recebimento.

Proposições ou Hipóteses:

Foram levantadas, por meio de uma revisão bibliográfica, cinco opções de tratativa para os produtos devolvidos à fábrica, utilizando para isso uma análise taxonômica. Esta taxonomia considera, portanto, os cenários para o um produto que sofre a “mortalidade infantil” da curva da banheira, como segue:

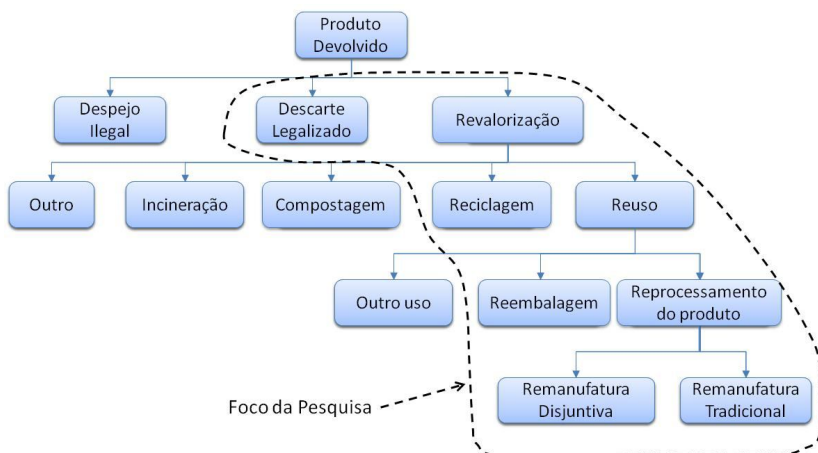


Figura 1: Cenários para o produto devolvido.

Em suma, os possíveis destinos são:

- Remanufatura tradicional: o produto ao chegar à fábrica é encaminhado para ser reparado e vendido posteriormente como produto remanufaturado.
- Remanufatura disjuntiva (para reaproveitamento de peças): o produto é desmontado e reaproveitam-se peças do produto com maior valor agregado e que estejam em bom estado para a manufatura, que as utiliza em produtos totalmente novos. Pode ocorrer também de se reaproveitar peças mesmo com defeito, recuperando seu valor por meio de um conserto (definição para recondicionamento).
- Reembalagem: o produto chega e é revendido “como está”, sem passar por etapas de recuperação, apenas por uma reembalagem, caso seja necessário.

- Reciclagem: o produto que retorna à fábrica é desmontado e suas peças revendidas/encaminhadas para reciclagem.
- Descarte: o bem retornado é descartado.

2. Procedimentos de Campo

Os procedimentos de campo se resumem em:

- Obter acesso à organização e entrevistados: agendar (por telefone) os encontros com os entrevistados/informantes e solicitar liberação de entrada na empresa no dia;
- Recursos a serem utilizados em campo: *notebook*, caneta, papel, guia de entrevistas;
- Retornar periodicamente ao orientador os conteúdos das entrevistas, observações, documentos e registros.

Guia de entrevista:

- 30-60 minutos;
- Registrar horário e data da entrevista;
- Explicar o tema, o que se pretende com a pesquisa;
- Mostrar-se de acordo com o modo de pensar do informante.

3. Questões do Estudo de Caso

Conforme abordado anteriormente, algumas evidências serão investigadas neste estudo. Para isso, a coleta de dados utilizará quatro fontes de evidência: entrevista, observação direta, documentação e registros em arquivos. As principais questões que devem ser respondidas pelo estudo de caso estão no quadro a seguir, com a indicação da fonte de evidência a ser usada para cada caso:

QUESTÃO	FONTE(S) DE EVIDÊNCIA
Quais são os produtos fabricados pela empresa?	Entrevista, documentos e observação direta
Qual é a linha de produtos que mais retorna à fábrica por falha no início da vida útil?	Entrevista, registros em arquivos e observação direta.
Qual é a condição padrão (estado) dos produtos desta linha que retorna por “mortalidade infantil”?	Observação direta e entrevistas
Qual é o volume de demanda destes produtos remanufaturados? (estimado ou real)	Documentação ou registros em arquivos e entrevistas
Como é o fluxo de remanufatura, desde o recebimento do produto? E o fluxo de informações?	Registros em arquivo, entrevistas e observação direta
Qual é o volume de retorno dos produtos desta linha em um dado período de tempo (troca expressa)? (média)	Entrevista e registros em arquivos
Quais são os custos envolvidos na remanufatura de bens de consumo?	Entrevista e registros em arquivos
Qual é a porcentagem de desconto comum para a venda dos produtos remanufaturados?	Entrevista e registros em arquivos
Quais são os fatores que influenciam na decisão acerca da destinação a ser dada aos bens de troca expressa?	Entrevista

Quadro 1: Questões do Estudo de Caso.

Assim, uma vez selecionada a linha de produtos a ser investigada (que apresenta maior volume de retorno na troca expressa), as entrevistas ocorrerão de forma focada, ou seja, o informante é entrevistado por um período de cerca de meia hora, de forma espontânea, porém seguindo o conjunto de perguntas do questionário. Ainda assim, estas questões não limitam a entrevista em termos de conteúdo, podendo abranger outras evidências que venham a ser consideradas importantes para o estudo de caso. Estes entrevistados também serão os responsáveis por fornecer os documentos e registros em arquivo para a análise.

4. Guia para o Relatório de um Estudo de Caso

O presente estudo de caso será relatado como parte de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC.